En el marco del modelo de asistencia técnica para cultivos tropicales, denominado *Agencias para la Gestión de la Innovación para el Desarrollo de Proveedores* (AGI-DP), el CIESTAAM instituyó la *Colección Trópico Húmedo* para publicar el análisis del contexto mundial y nacional de cada uno de los cultivos atendidos, así como los hallazgos y aprendizajes resultantes de la experiencia AGI-DP. Sin embargo, dados los importantes avances tecnológicos y comerciales alcanzados por la piña mexicana en los últimos años, en este libro de la serie se decidió poner mayor énfasis en las innovaciones recientes que explican estos avances.

El libro inicia con un repaso histórico del cultivo de piña, un análisis de su contexto internacional y nacional y las características botánicas de la planta. Posteriormente, describe de manera detallada las características y fundamentos de la tecnología para la producción intensiva de piña en ambiente protegido, principalmente para la producción de piña MD2 destinada a exportación, así como en los manejos pre y poscosecha asociados a la misma. Finalmente, se resaltan los aportes agronómicos, ambientales y comerciales inherentes a estas innovaciones, y se discuten sus retos y perspectivas.

La construcción de este trabajo requirió de una alianza estratégica entre el Grupo de investigación Piña-INIFAP de la cuenca baja del río Papaloapan y el grupo de investigadores del CIESTAAM, integrantes de la Unidad Técnica en Gestión de la Innovación, que permitió importantes sinergias y aprendizajes personales e institucionales.

En suma, este libro hace un recuento del importante proceso de innovación de la producción y comercialización de piña en el Bajo Papaloapan, principal zona productora de México, con la finalidad de que sea una herramienta de análisis y soporte técnico a productores, asesores, proveedores de insumos y servicios, agroindustrias, comercializadores y funcionarios involucrados en tan importante actividad agrícola.

ISBN: 978-607-12-0511-7

"ENSEÑAR LA EXPLOTACIÓN DE LA TIERRA, NO LA DEL HOMBRE"

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Universidad Autónoma Chapingo

La piña mexicana frente al reto de la innovación

Colección Trópico Húmedo

La piña mexicana frente al reto de la innovación

avances y retos en la gestión de la innovación

UACh
Angélica Torres Ávila
Jorge Aguilar Ávila
Vinicio Horacio Santoyo Cortés

INIFAP
Daniel Emigdio Uriza Ávila
Rigoberto Zetina Lezama
Andrés Rebolledo Martínez

Universidad Autónoma Chapingo

Colección Trópico Húmedo

La piña mexicana
frente al reto de la innovación

avances y retos en la gestión de la innovación

Glifo de piña de la “Piedra Cascajal”,
Jáltipan, Veracruz 900 a.C.

Universidad Autónoma Chapingo

Dr. José Sergio Barrales Domínguez
RECTOR

M.C. Alejandro Hernández Tapia
DIRECTOR GENERAL ACADÉMICO

Dr. José Luis Romo Lozano
DIRECTOR GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

M.C. Ma. Patricia Vera Caletti
DIRECTORA GENERAL DE ADMINISTRACIÓN

Dra. Elida Estela Treviño Siller
DIRECTORA GENERAL DE PATRONATO UNIVERSITARIO

Lic. Silvia Castillejos Peral
DIRECTORA GENERAL DE DIFUSIÓN CULTURAL Y SERVICIO

Dr. J. Reyes Altamirano Cárdenas
DIRECTOR DEL CIESTAAM

Cuidado editorial: Gloria Villa Hernández y Angélica Torres Ávila
Diseño de cubierta: Carlos de la Cruz Ramírez
Formación: Gloria Villa Hernández

Autores:
Daniel E. Uriza Ávila (uriza.daniel@inifap.gob.mx)
Angélica Torres Ávila (angelica_t_a@hotmail.com)
Jorge Aguilar Ávila (jaguilar@ciestaam.edu.mx)
Vinicio H. Santoyo Cortés (hsantoyo@ciestaam.edu.mx)
Rigoberto Zetina Lezama (zetina.rigoberto@inifap.gob.mx
Andrés Rebolledo Martínez (rebolledo.andres@inifap.gob.mx)

Para citar esta publicación se recomienda el formato APA:

Uriza-Ávila, D. E., Torres-Ávila, A., Aguilar-Ávila, J., Santoyo-Cortés, V. H., Zetina-Lezama, R., & Rebolledo-Martínez, A. (2018). *La piña mexicana frente al reto de la innovación*. *Avances y retos en la gestión de la innovación.* Colección Trópico Húmedo. Chapingo, Estado de México. México: UACh.

Colección Trópico Húmedo

La piña mexicana frente al reto de la innovación

avances y retos en la gestión de la innovación

Daniel E. Uriza Ávila
Angélica Torres Ávila
Jorge Aguilar Ávila
Vinicio H. Santoyo Cortés
Rigoberto Zetina Lezama
Andrés Rebolledo Martínez

Universidad Autónoma Chapingo

Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas
de la Agroindustria y la Agricultura Mundial

Esta obra fue dictaminada por pares académicos

Primera edición, julio 2018
ISBN: 978-607-12-0511-7

DR © Universidad Autónoma Chapingo
km 38.5 carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México, C.P. 56230
Tel. 01(595) 952-1500, ext. 5142.
Correo electrónico: isbnchapingo@gmail.com

Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas
de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM)
http://www.ciestaam.edu.mx

Todos los derechos reservados. Cualquier forma de reproducción (total o parcial), distribución, comunicación pública o transformación de esta obra, por cualquier otro medio requiere autorización del Representante Legal de la Universidad Autónoma Chapingo, salvo en las excepciones previstas por la Ley Federal del Derecho de Autor.

Contenido

Presentación **11**

Introducción **13**

1. Origen e historia de la piña **19**

2. Usos y propiedades nutracéuticas de la piña **25**

3. Contexto internacional de piña **31**

3.1 Antecedentes de la producción de piña en el mundo 31

3.2 Producción mundial de piña y sus tendencias 34

3.2 Principales países exportadores de piña 37

3.3 Principales países importadores de piña 41

4. Evolución de la piña en México **44**

5. Situación de la producción de piña en México **54**

5.1 Regiones productoras de piña 54

5.2 Cultivares comerciales 58

5.3 Red de abasto y comercialización de piña 61

5.4 Estacionalidad de la producción 65

5.5 Exportaciones e importaciones 67

5.6 Diagnóstico los niveles de innovación en el cultivo de piña 70

5.6.1 Gestión de la innovación en la cadena productiva de piña 72

5.6.2 El modelo AGI-DP 72

5.6.3 La Metodología AGI-DP 73

5.6.4 Análisis de la innovación en piña 74

5.6.5 Características de los productores de piña 76

5.6.6 Indicadores de innovación en las plantaciones de piña 77

6. La planta de piña, características y necesidades **85**

6.1 Variedades mejoradas de piña y programas de reproducción en el mundo 86

6.2 Morfología y fisiología de la planta 88

6.2.1 Estructuras morfológicas de la planta de piña 89

6.2.2 Aspectos fisiológicos de la planta 93

6.3 Requerimientos agroecológicos del cultivo 96

6.3.1 Ubicación geográfica 97

6.3.2 Altitud 98

6.3.3 Fotoperíodo 99

6.3.4 Luminosidad 99
6.3.5 Radiación solar 100
6.3.6 Temperatura 102
6.3.7 Requerimientos hídricos 103
6.3.8 Humedad relativa 108
6.3.9 Suelos 109
7. Establecimiento y manejo de piña en campo 115
7.1 Consideraciones sobre el deterioro de los suelos piñeros en la región del Bajo Papaloapan 121
7.2 Selección y preparación del terreno 124
7.2.1 Preparación del suelo 126
7.3 Tratamiento de presiembra para conservación y mejoramiento de suelos 133
7.3.1 Incorporación al suelo de los restos del cultivo anterior 133
7.3.2 Encalado dolomítico para corregir el pH del suelo 134
7.3.3 Siembra e incorporación al suelo de *Crotalaria juncea* como abono verde 139
7.3.4 Inoculación de las raíces de piña con endomicorrizas arbusculares 144
7.3.5 Aplicación de composta y otros mejoradores del suelo 151
7.4 Control integrado de la erosión hídrica en fincas piñeras 153
7.4.1 Diseño y construcción de las áreas de producción, melgas, camas de siembra, red de caminos y sistemas de drenes 154
7.4.2 Protección de suelo con acolchado total 159
7.4.3 Conservación y enriquecimiento de áreas forestales en las fincas 168
7.5 Material vegetativo de piña 172
7.5.1 Producción de material vegetativo de genética y fitosanitariamente adecuado 172
7.5.2 Criterios para determinar fechas de siembra 177
7.5.3 Densidad de siembra y peso promedio de fruto esperado 183
7.5.4 Métodos de siembra en piña 186
7.6 Necesidades nutrimentales del cultivo de piña 192
7.6.1 Función de los nutrientes y síntomas de deficiencia 192
7.6.2 Consideraciones sobre fertilización en piña de acuerdo a la densidad de siembra 211
7.6.3 Métodos de aplicación de fertilizantes 216

7.6.4 Tipos y fuentes de fertilizantes 223
7.6.5 Análisis de suelo y tejido vegetal para apoyo de los programas de nutrición 229
7.6.6 Metodología para evaluar el crecimiento y nutrición de las plantas 233
7.7 Manejo integrado de plagas, enfermedades y malezas en el cultivo 235
7.7.1 Incidencia y distribución de los organismos dañinos 236
7.7.2 Plagas 241
7.7.3 Enfermedades 247
7.7.4 Malezas 252
7.7.5 Tecnología disponible para el manejo fitosanitario integrado de piña 253
7.8 Control de la floración y madurez del fruto de piña 261
7.8.1 Tratamiento de Inducción Floral (TIF) 269
7.8.2 Tratamiento para la inhibición de floraciones prematuras indeseables en invierno 292
7.8.3 Control de la maduración del fruto de piña 300
7.9 Protección de plantas y frutos contra quemaduras del sol 306
7.9.1 Métodos convencionales de protección de fruto 309
7.9.2 Protección del fruto con malla-sombra 50% 311
8. Cosecha, manejo poscosecha y logística de transporte del fruto a centros de distribución y venta 324
8.1 Consideraciones en torno a la cosecha 324
8.1.1 Acuerdos comerciales relacionados a la madurez del fruto 329
8.1.2 Puntos críticos a considerar en la cosecha 331
8.1.3 Corte y recolección 333
8.2 Mercado fresco nacional 343
8.3 Mercado de proceso industrial 346
8.3.1 Fruta para el abasto de la industria de piña en conserva 350
8.3.2 Fruta para el abasto de la industria de jugo de piña 352
8.3.3 Otras opciones de proceso artesanal y agroindustrial 353
8.4 Mercado fresco de exportación 358
8.4.1 Selección y cosecha del fruto en campo 361
8.4.2 Traslado de la fruta al empaque 377
8.4.3 Recepción, lavado y separación de fruta 381
8.4.4 Desinfección y encerado de los frutos 385

8.4.5 Selección, empaque y etiquetado de los frutos 389
8.4.6 Refrigeración de la fruta y manejo de la cadena de frío durante su traslado a centros de venta al mayoreo en EUA 394
8.4.7 Medios y rutas de envío de la piña en fresco a EUA 395
8.4.8 Consideraciones en torno al mercado de exportación de las piñas mexicanas 399
9. Retos y oportunidades para la producción de piña en México 402
Literatura citada 407
Anexo 1. Evolución de las organizaciones piñeras en Veracruz 417
Anexo 2. Producción intensiva de piña en ambiente protegido 425
Anexo 3. Paquetes tecnológicos de piña SAGARPA-INIFAP, 2018 455
Anexo 4. Ingredientes activos autorizados para el cultivo de piña 475
Índice de cuadros y figuras 481

Presentación

De 2008 a 2011, en el marco del Programa Trópico Húmedo, la SAGARPA promovió un modelo de asistencia técnica para cultivos tropicales, denominado *Agencias para la Gestión de la Innovación para el Desarrollo de Proveedores* (AGI-DP), con el soporte técnico y metodológico del CIESTAAM de la UACh.

En este modelo, equipos de profesionales especializados mapean las redes de conocimiento y comerciales de los productores, y establecen programas de asistencia técnica, la cual está encaminada a promover la adopción de innovaciones de bajo costo y alto impacto, que les permitan mejorar su productividad, así como su vinculación comercial con las agroindustrias regionales.

El CIESTAAM instituyó la "Colección Trópico Húmedo" para publicar el análisis del contexto mundial y nacional de cada uno de los cultivos estudiados, con los hallazgos y aprendizajes resultantes de la experiencia AGI-DP. Adicionalmente, en los libros se integró un repaso histórico del cultivo, su contexto internacional y nacional, características botánicas, tecnología de producción y de manejo poscosecha. El objetivo es ofrecer a productores y asesores técnicos una herramienta de apoyo para el desarrollo de sus labores.

En el caso de la piña, la AGI-DP se orientó a la variedad MD2, en un momento en que muchos de los procesos tecnológicos ahora vigentes, estaban en desarrollo, por lo que la gestión de la innovación realizada fue incipiente y sobre bases técnicas poco confiables. Es por eso que, en el caso de la piña, el libro tiene una estructura sensiblemente diferente a los anteriores; en éste, además se hace énfasis en la descripción y fundamento de la "Tecnología para la producción intensiva de piña en ambiente protegido", aplicada principalmente para la producción de piña MD2, destinada a exportación, así como en los nuevos manejos pre y poscosecha asociados a la misma.

Para integrar esta publicación fue necesaria una alianza estratégica entre el Grupo de Investigación en Piña-INIFAP (GIP-INIFAP) de la Cuenca Baja del Papaloapan, representados por Daniel E. Uriza Ávila, Rigoberto Zetina Lezama y Andrés Rebolledo Martínez, y el grupo de investigadores del CIESTAAM, integrantes de la Unidad Técnica en Gestión de la Innovación: Angélica Torres Ávila, Jorge Aguilar Ávila y Vinicio Horacio Santoyo Cortés.

Así, bajo un enfoque multidisciplinario, este libro busca dar cuenta de la sorprendente transformación que ha tenido la producción y comercialización de piña en el Bajo Papaloapan, como resultado de las nuevas tendencias en el mercado internacional, y de los avances tecnológicos logrados.

Daniel E. Uriza Ávila
V. Horacio Santoyo Cortés

Introducción

La piña en México surge y se desarrolla como cultivo comercial a inicios del siglo pasado, y se mantiene concentrado en la Cuenca Baja del Papaloapan, de donde se obtiene más del 80 % de la producción nacional.

Inicialmente ligada a la exportación, desde los años setenta, la producción de piña se canaliza más a satisfacer la demanda interna en fresco y agroindustrial. La producción se sustentaba en la variedad Cayena Lisa, bajo el sistema de producción intensivo hawaiano, basado en plantaciones a “suelo desnudo” y “cielo abierto” con espacios libres para la maquinaria agrícola (tractores, implementos y fumigadoras). En esa época, la comercialización se realizaba principalmente a través de los tianguis regionales (básculas), sitio donde hasta hoy los acopiadores adquieren una parte importante de la producción regional para transportarla a los mercados mayoristas. Los criterios de calidad eran empíricos y la aplicación de certificaciones de calidad, inocuidad y trazabilidad, inexistentes.

Las crisis estacionales por caídas de precios eran la regla, ya que la época de cosecha se concentraba notablemente de mayo a mediados de agosto, como resultado de la sobreoferta de fruta procedente de las floraciones naturales invernales.

A principios de este siglo, el sistema productivo de piña empezó a transformarse por la conjunción de dos factores fundamentales: la llegada de la variedad MD2 y el desarrollo de una tecnología de producción para su aprovechamiento eficaz en la región. En 1996 aparece en el mercado internacional de piña en fresco un nuevo material genético denominado MD2, con presentación y características sensoriales superiores a las de Cayena Lisa; este material rápidamente se posicionó en los grandes países importadores y, desde el inicio del siglo, el rechazo de frutos en el mercado fresco internacional que no fueran del nuevo cultivar MD2, ya era evidente y estricto.

En México, las exportaciones de fruta fresca eran de Cayena Lisa y, aunque pequeñas (25,000 t/año), resultaban importantes para la economía y el equilibrio del mercado regional, por lo que la caída de las exportaciones, aunada a la baja de producción de las agroindustrias nacionales, debido a las importaciones de piña industrializada de Tailandia, agravaron las recurrentes saturaciones estacionales de los mercados regionales, con el consecuente desplome de los precios. Así, entre

2002 y 2006, organizaciones de productores, empresas e instituciones ligadas a la actividad piñera promovieron acciones como la importación de Costa Rica de material vegetativo de la variedad MD2 y la transferencia de nuevas tecnologías a los productores de las plantaciones especializadas en fruta de exportación, para su aplicación masiva.

La disponibilidad de la piña MD2 permitió acceder al mercado norteamericano, por lo que las exportaciones y las inversiones agroindustriales para atenderlos empezaron a crecer rápidamente. Asimismo, la participación creciente de los supermercados en la venta de frutas a nivel nacional, generó una mayor demanda por este tipo de piña. Estos mercados requieren, junto con esta variedad, una oferta relativamente estable, que aseguran mediante contratos con empacadores y con la aplicación de normas de calidad, de inocuidad, de trazabilidad y de buenas prácticas estrictas. Las exigencias de estos mercados dinámicos y de mayor rentabilidad generaron fuertes incentivos para desarrollar y adoptar un sistema productivo más complejo, para atender esta demanda con oportunidad, calidad y costos competitivos.

De esta manera, aun cuando actualmente sólo el 30 % de la producción de México corresponde a MD2, la reconversión de la variedad Cayena Lisa a este clon ha sido sin duda el punto de partida para la renovación técnica y comercial de la actividad piñera mexicana.

Por otra parte, el desarrollo tecnológico tuvo un largo proceso de gestación, orientado a resolver problemas multidimensionales inherentes al sistema tradicional de producción de piña, tales como: problemas fitosanitarios y de nutrición crecientes, que limitan los rendimientos; manejo deficiente en la programación de cosechas; deterioro progresivo en la calidad general de los suelos, caracterizados por el alto grado de erosión, acidificación y compactación que sufren cada ciclo productivo; así también, daños en las plantas y frutos generados por las altas radiaciones solares durante todo el año.

Esta compleja situación ha sido atendida desde el punto de vista del desarrollo tecnológico, por el Grupo de Investigación en Piña-INIFAP (GIP-INIFAP) de la Cuenca Baja del Papaloapan, grupo que integra los trabajos de estudiantes de agronomía de diversas universidades, así como los de algunas empresas proveedoras de insumos y equipos para el cultivo, bajo un enfoque heterodoxo. Para el desarrollo

de los trabajos experimentales y su seguimiento en las etapas de validación, y la posterior transferencia de tecnologías logradas, se ha recibido la decidida colaboración de productores, empresas y técnicos, quienes a su vez se han beneficiado de la labor, disciplina científica y eficacia para precisar y resolver la problemática urgente, de mediano y largo plazo.

Así, el Grupo de Investigación en Piña-INIFAP (GIP-INIFAP) ha generado opciones de solución, en diferentes grados, de la mayoría de los problemas específicos que se fueron presentando. Estas soluciones actualmente son de uso masivo a nivel nacional e incluyen todos los aspectos del cultivo: genéticos (introducción de la variedad MD2); de preparación del suelo, que incluye su conservación y mejoramiento, así como la formación de las camas de siembra y el sistema de control de escorrentías; de siembra, con métodos, densidades y fechas de siembra según tipo de hijuelo y peso fresco del mismo; métodos y necesidades de riego, según tipo; nutrición y métodos de monitoreo durante el ciclo; protección fitosanitaria, al menos contra los principales y más importantes organismos dañinos locales y algunos exóticos; control de la floración y maduración del fruto, que incluye lo relativo a floraciones prematuras; métodos para la protección del fruto contra quemaduras del sol; además de sistemas de cosecha y manejo poscosecha del fruto para su empaque en fresco.

A partir de este conjunto de soluciones técnicas, los integrantes del GIP-INIFAP conformaron progresivamente lo que denominaron Tecnología para la producción intensiva de piña en ambiente protegido. Dicha tecnología permite obtener: dos cosechas consecutivas, sin remover suelo ni hacer nuevas siembras; ciclos 30 % más cortos; 50 % más rendimiento; calidad con 30 % mayor vida de anaquel; producción 50 % más estable y rentable; 95 % menor erosión del suelo, con mejora progresiva en su calidad física, química y biológica; 60 % mayor humedad aprovechable; 40 % menor uso de fertilizantes y agroquímicos y 95 % en herbicidas. Además de incrementar el rendimiento unitario en un 50%, la tecnología de ambiente protegido permite aprovechar comercialmente casi el 100 % de los frutos producidos, al reducir el número de frutos desechados por daños o malformaciones por quemaduras solares o plagas que afectan la cáscara o pulpa. Mientras que bajo a cielo abierto, se desechan alrededor del 30 % de la producción por estas causas,

lo cual es un desperdicio significativo y una pérdida de ingresos para los productores afectados.

La tecnología para la producción intensiva de piña en ambiente protegido se ha consolidado en menos de siete años (2010-2016), donde el volumen exportado de piñas mexicanas a EUA pasó de 25,000 t/año a 100,000 t/año, con posibilidades de crecer más a corto y a mediano plazo, sobre todo por ofrecer fruta de calidad y madurez cada vez más natural.

Otro indicador que refleja el éxito que la tecnología ha tenido en la mejor distribución de las cosechas durante el año, es que los precios en las últimas cuatro temporadas se han mantenido muy por arriba del costo de producción (de alrededor de $1,500/t), alcanzando un mínimo de $3,000 en la época de mayor oferta, y de hasta $12,000/t, en la de escasez. En años anteriores, los productores se enfrentaban a la pérdida total de sus plantaciones entre mayo y mediados de agosto, debido a la sobreoferta y precios que no justificaban siquiera el costo de cosecha, ya que eran menores a $500/t. Sin embargo, las crisis por sobre-oferta provocadas por algún factor interno (sobre-producción o bajo consumo) o externo (importaciones masivas, dumping, divisas baratas, etc.), nunca faltan y son recurrentes cada ocho a 10 años. De ellas, solo los más aptos tecnológica y rentablemente, lograrán sobrevivir y continuar en los mercados.

Este libro tiene como finalidad exponer los cambios que se han presentado en la producción de piña a raíz de la introducción del híbrido MD2, mediante la descripción y la justificación de tecnologías y prácticas que han permitido mejorar la producción en campo, así como de los procesos de desarrollo de las empresas comercializadoras y de proveedores de insumos y servicios que han incrementado notablemente la competitividad de la piña mexicana en el mercado internacional y que han posicionado a la piña en el Bajo Papaloapan en un clúster productivo muy dinámico.

Con base en lo anterior, el libro se organiza en nueve capítulos. Los tres primeros abordan cuestiones generales de la piña; 1) su origen e historia, 2) sus usos principales y propiedades nutracéuticas y 3) el contexto de la producción y comercio internacional de piña. Los siguientes dos capítulos abordan 4) la evolución de la piña en México y 5) la situación de la producción de piña en México incluyendo el diagnóstico de la dinámica de la innovación realizado por la AGI-DP, mientras que,

el capítulo seis aborda a la planta de piña, sus características y necesidades, como fundamento para la comprensión de la tecnología desarrollada. Estos dos capítulos precisan el contexto en que surge y se desarrolla la tecnología para la producción intensiva de piña en ambiente protegido que es descrita a detalle en el capítulo siete. El capítulo ocho aborda la cosecha, el manejo poscosecha y la logística asociada a la nueva tecnología y que es indispensable para valorizar adecuadamente la producción. Finalmente, el capítulo nueve hace un recuento de los retos a enfrentar por los diferentes actores involucrados para consolidar la importante transformación de la producción de piña en la principal zona productora de México.

De manera complementaria y como apoyo a los productores y cuerpos técnicos que los acompañan, se incluye un apartado de anexos. El primero es un testimonio de la evolución de las organizaciones piñeras en Veracruz que dieron soporte a los cambios tecnológicos y comerciales esbozados en el libro. El segundo es una síntesis gráfica de la tecnología para la producción intensiva de piña en ambiente protegido. El tercero incluye los paquetes tecnológicos de piña validados por SAGARPA-INIFAP en 2018. Para concluir con un cuarto anexo que incluye los ingredientes activos autorizados para el cultivo de piña.

1. Origen e historia de la piña

La piña, denominado el “rey de los frutos”, es descrito elogiosamente por P.P. du Tertre en su obra *Historia General de las Antillas habitadas por los franceses*, publicada en 1667 en París, Francia, de la siguiente manera: *Es el más hermoso y el mejor de todos los existentes sobre la tierra, por esta razón sin duda, el rey de reyes le ha puesto una corona sobre la cabeza, que es como una marca esencial de su realeza, pues cuando el padre cae, produce un joven rey que le sucede en todas sus admirables cualidades*. Gonzalo Fernández de Oviedo y Valdés, en su obra escrita en 1535, *Historia* General *y Natural de los Indios*, además de describirla y honrarla a detalle, realiza la ilustración de esta planta, considerada la primera representación hecha por un europeo (Figura 1b).

La piña es nativa de Brasil y Paraguay, quizás especialmente de la cuenca del río Paraná, área donde a la fecha se reproducen sus parientes silvestres. Fue aparentemente domesticada por los indígenas y llevada por ellos, a través de Sur y Centroamérica a México y a las Antillas, tal vez hace 7,000 años, mucho antes de la llegada de los europeos (Coppens d’Eeckenbrugge & Duval, 2009; Morton, 1987).

El agradable sabor y aroma, así como su contenido en vitaminas A, B y C, hacen que el fruto de la piña sea altamente demandado en los diversos mercados (ASERCA, 2000). De hecho, fueron sus extraordinarias características como fruto las que permitieron su rápida difusión y adopción, desde las regiones de origen y diversificación, todas ubicadas en la porción tropical de Sudamérica, al este de los Andes (Brasil, Las Guayanas, Paraguay, Argentina, Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela). Su dispersión se dio, primeramente, a nivel continental en toda la América Tropical y Subtropical hace al menos 3,000 años; y a partir del descubrimiento de América, de manera progresiva, en todas las áreas tropicales y subtropicales del mundo (Coppens d’Eeckenbrugge & Duval, 2009).

Esta fruta fue vista por primera vez en el Viejo Mundo cuando Colón y algunos de sus marineros desembarcaron el 4 de noviembre de 1493 en la Isla de Guadalupe, ubicada en las Antillas, a unos 16° al norte del ecuador (Collins, 1949). Después de que Colón la descubrió y la llevó al Viejo continente, esa costumbre continuó durante muchos años entre los navegantes y conquistadores procedentes de Holanda, Portugal, Inglaterra y España. Aunque plantas y frutos de piña se habían

llevado de América a Europa en varias ocasiones, pasaron casi 100 años antes de que se cultivara con éxito, lo que se logró por primera vez en Holanda en 1690 y en Inglaterra unos 30 años más tarde, tras el desarrollo de la calefacción artificial en los invernaderos (Collins, 1951).

Figura 1.
Representaciones históricas del fruto de piña

a) “Piedra de Cascajal”, primera evidencia de escritura en América, hecha por los olmecas en el año 900 antes de Cristo, en donde se aprecian cuatro glifos de piña, los primeros hechos de esta fruta, en el mundo y, b) Primera descripción e ilustración europea de una planta y fruto de piña “El rey de los frutos”, hecha en 1535 por el español Gonzalo Fernández de Oviedo durante la época de la Conquista del “Nuevo Continente”.

Fuente: a) Coppens d’Eeckenbrugge et al., 2011; b) Córdoba, Pérez-Campos, & Magaña, 2000.

En el Nuevo Mundo, a partir de la Conquista, numerosos y variados cultivares de piñas comestibles fueron propagados por toda la América tropical y subtropical (Collins, 1949), muchos de los cuales llegaron a nuestro país y aún se cultivan en pequeñas áreas diseminadas a lo largo de las planicies y estribaciones de las cordilleras del Pacífico y Atlántico mexicano, denominadas piñas "criollas", de "castilla" o "montaña", de las que destacan la región de Los Ruíz (Nayarit) con alrededor de 600 ha; y la de Chilapa (Guerrero), con evidencias de producción, pero sin datos estadísticos. En muchos lugares de América, los primeros exploradores encontraron evidencias del cultivo de piña entre los nativos. Estas piñas incluían variedades distintas, todas las cuales carecían de semillas o tenían pocas, esto a pesar de que las especies silvestres de piña que crecían en algunas partes de los trópicos americanos presentaban una gran cantidad de semillas; lo que lleva a concluir que los nativos o sus predecesores seleccionaron y mejoraron la piña con la finalidad de tener piñas con mejores características (Collins, 1949). Los portugueses jugaron un papel importante en el transporte de la piña a otros países tropicales. La isla de Santa Elena, ubicada a más de 1800 kilómetros de distancia de la costa occidental de Angola en África, fue descubierta por ellos en 1502, y poco después introdujeron piñas en esta isla (Collins, 1949). Se dice que comerciantes portugueses tomaron vástagos de piña en la India para llevarlos a las Islas Molucas en 1548, introduciéndolos también en las costas del este y oeste de África. A China llegó en 1594 y a Sudáfrica sobre 1655. Los españoles introdujeron la piña a Filipinas y pudieron haberla llevado a Hawái y Guam a principios del siglo XVI. La primera plantación de dos hectáreas fue establecida en Oahu, Hawái (Morton, 1987). Seguramente los materiales mencionados fueron de los grupos botánicos Español o Reina, no Cayena Lisa.

En general, hay pocos registros que muestran exactamente cuándo y cómo las piñas llegaron a nuevas tierras, un claro ejemplo es el caso del Hawái (Collins, 1949); un primer registro verificable de la piña en Hawái fue una nota del 21 de enero de 1813 en el diario de Don Francisco de Paula Marín (Bartholomew, Hawkins, & Lopez, 2012).

El largo período durante el cual se ha cultivado la piña ha producido una gran cantidad de variedades. Sin embargo, sólo pocas han sido cultivadas amplia y continuamente, destacando entre ellas Cayena Lisa, Española Roja y Reina (Collins,

1949). La versión más verosímil del proceso de dispersión mundial del clon de piña Cayena Lisa (principal representante del grupo Cayena y variedad más cultivada en el mundo durante el pasado siglo XX, incluido México) es que fue descubierta en 1819 en la Guyana Francesa (cuya capital es Cayenne) por el botánico Samuel Perrotet. Cinco plantas fueron llevadas a Francia por Perrotet en 1820 y de ahí pasó a Inglaterra en 1835, como un regalo entre monarcas. Los ingleses, con una visión más empresarial, multiplicaron y dispersaron los vástagos en sus colonias más importantes, entre ellas Australia, en 1858, donde 35 años más tarde (1893), fueron llevados vástagos a Hawái. En Hawái la piña Cayena Lisa ya había sido introducida años antes con material de propagación vegetal proveniente de Florida en 1885 y de Jamaica en 1886 (Collins, 1951).

Después de su introducción masiva en las islas de Hawái, la piña se convirtió rápidamente en una de las más grandes y sustentables cosechas[1]. Este auge propició el desarrollo de la industria de conservas, cuyo primer antecedente se sitúa en Baltimore en 1865, donde se utilizaron frutas importadas del Caribe (Bartholomew et al., 2012).

El progreso de la industria de conservas de piña en Hawái tiene sus precedentes en la participación de John Kidwell, un horticultor que se estableció en Honolulu en 1882. En 1885 Kidwell, alentado por otro horticultor y vendedor, Charles Henson, estableció una plantación con el material vegetal disponible localmente, sin embargo, la fruta obtenida fue de mala calidad. Por tanto, en ese mismo año un pequeño lote de 12 plantas de Cayena Lisa fue importado a Hawái por Kidwell, quien después consiguió otros 1,000 vástagos de Jamaica, en 1886. Estas plantas de piña fueron evaluadas junto con otras 31 variedades de piña importadas de diferentes lugares del mundo; los resultados evidenciaron a Cayena Lisa como la variedad con las mejores características. Sin embargo, no fue sino hasta 1896 cuando RW Jordan introdujo –de Australia– un millón de plantas de Cayena Lisa, con lo cual se dio inicio a su cultivo y producción intensiva y moderna (Bartholomew et al., 2012). A partir de ese hecho, ya con una variedad o genotipo bien definido (Cayena Lisa), con mejores características agronómicas y para proceso industrial, es que en estas Islas se desarrolló toda una línea de tecnologías de producción en campo e industria

[1] https://www.to-hawaii.com/es/agricultura.php

procesadora, revolucionando la producción, transformación y comercio de este cultivo en el mundo.

El auge de la piña Cayena Lisa en Hawái, a finales del siglo XIX, provocó una alta demanda del clon en otras regiones y países interesados en su siembra, producción y proceso industrial, por lo que se diseminó rápidamente durante la primera mitad del siglo XX; a Taiwán (1926), Filipinas (1926), Fiji (1930), Cuba y Haití (1947) y México (1946), entre otros (Collins, 1951).

Varios eventos ocurridos en el año 1898 posibilitaron el desarrollo exitoso de la industria de conservas en Hawái. Primero, la anexión de Hawái a EUA en ese año permitió la eliminación del impuesto restrictivo del 35 % sobre la piña en conserva, factor que había desalentado la expansión de su transformación y su exportación. Segundo, el gobierno de Hawái aprobó una ley bajo la cual se dispuso una superficie considerable de tierras cerca de Wahiawa para su colonización. Tercero, Byron O. Clark, comisionado territorial de la Junta de Agricultura y Silvicultura, ayudó a traer un grupo de californianos a Wahiawa para su establecimiento, así mismo, organizó una cooperativa denominada Hawaiian Fruit and Plant Company. Entre los emigrantes que llegaron a Wahiawa figura Alfred W. Eames, quien estableció en el año 1906 la empresa "Hawaiian Islands Packing Company", ahora "Del Monte"; James Drummond Dole, llegó en 1899 y en 1901 creó "Hawaiian Pineapple Company" (ahora Dole Food Co.) (Bartholomew et al., 2012). Otra empresa, también relevante en Hawái fue "Keahua Ranch" (ahora "Maui Land & Pineapple Company") que inició sus operaciones en 1909. Estas compañías se convertirían en los tres gigantes de la industria de la piña en el mundo, a lo largo del siglo XX y más tiempo aún.

La innovación y la investigación científica en la industria de piña constituyeron dos factores clave para aumentar el rendimiento en fábrica de las conservas, reducir los costos de mano de obra y mejorar la productividad en campo. En este sentido, Hawái llegó a ser líder en la investigación relacionada con esta fruta al resolver muchos problemas relacionados con la producción en campo y con el procesamiento de la fruta. Las invenciones clave incluyeron la trituradora y rastra de piña desarrollada por W. A. Baldwin en Maui y la máquina peladora "Ginaca" desarrollada por un empleado de James Drummond Dole, Henry Ginaca (Bartholomew et al., 2012; Miller, 1990). Este último invento, patentado en 1911, aceleró enormemente el rendimiento de la fábrica de conservas, al grado que, en

1913, la máquina mejorada podía procesar hasta 100 frutas por minuto. Durante el desarrollo del modelo final de la máquina peladora Ginaca, Henry patentó 11 innovaciones a nombre de la "Hawaiian Pineapple Company"; asimismo, esta empresa vendió máquinas Ginacas a otras empresas procesadoras (Bartholomew et al., 2012).

El gran avance tecnológico desarrollado en piña cambió realmente la historia, imagen y formas de consumo de esta fruta. También revolucionó el mercado mundial, ya que la piña y su jugo (ya procesados) permitieron la oportunidad de comercializar esta fruta aun en los lugares más recónditos del mundo, por tener una vida de anaquel mucho mayor a la que tenía la convencional presentación en fresco. Sin lugar a dudas, los procesos de producción en campo, de transformación industrial y la diversidad de productos y presentaciones actuales, son mayormente atribuidos a la tecnología desarrollada en Hawái durante la primera mitad del siglo XX. Los avances tecnológicos generados posteriormente, realmente consisten (en su mayoría) en modificaciones hechas a las primeras tecnologías para perfeccionarlas y continuar mejorando los rendimientos de campo y fábrica, así como la de los productos finales.

El procesamiento de la piña en Hawái fue tan importante que durante varios años este territorio llegó a sumistrar hasta 70 % de la piña en conserva del mundo y el 85 % del jugo de piña (Joy & Sumanthi, 2017; Morton, 1987). Sin embargo, esta actividad alcanzó su punto máximo en 1957 e inició su declive debido a la presencia de nuevos competidores en el sureste asiático, cuyas ventajas eran costos laborales más bajos (Bartholomew et al., 2012). Por otro lado, otros factores de producción como la renta de tierra también eran más baratos en lugares como Filipinas y Taiwán (Hawkins, 2009). De este modo, la competencia extranjera en los años 50 y 60 obligó a la disminución de plantaciones en Hawái. Para 1980 sólo Del Monte, Dole y Maui Pineapple Company permanecieron en el negocio de enlatados en Hawái, lo cual no duraría mucho tiempo. Del Monte cerró su fábrica de conservas de Hawái en 1983 y cambió todas las operaciones de enlatado a Filipinas y Kenia. Posteriormente, Dole también redujo su operación en Hawái y eventualmente cerró su fábrica de conservas en 1991 (Bartholomew, 2009). El año 2007 marca el fin de la historia de conservas de piña en Hawái, cuando Maui Pineapple Company, último productor de piña enlatada, terminó sus operaciones (Bartholomew et al., 2012).

Como respuesta a los cambios acontecidos, Hawái orientó su producción de piña al mercado en fresco. No obstante, fue remplazado gradualmente por América Central, quien se convirtió en el principal proveedor de piña fresca de los EUA. Actualmente Hawái sigue cultivando piña, principalmente para abastecer mercados locales de piña en fresco y para conservar las tierras propiedad de Dole Food Company en agricultura y aprovechar la base tributaria favorable que disfrutan esas tierras (Bartholomew et al., 2012). Sin embargo, la contribución de Hawái a la producción mundial es poco menos del 1 %[2], ya que se ha vuelto un lugar poco rentable para plantar y procesar este cultivo, pues hay regiones productoras más atractivas para tal fin.

En el caso de México, la presencia de piñas comestibles (Ananas comosus variedad comosus) quedó arqueológicamente documentada en la denominada "Piedra de Cascajal" (Figura 1a), losa de serpentina descubierta en el municipio de Jáltipan en 1999 y considerada hasta ahora como la escritura más antigua de América, hecha hace al menos 3 mil años por los olmecas en el sureste del estado de Veracruz (Coppens d'Eeckenbrugge et al., 2011). En esta piedra, aparentemente usada para el registro de tributos, aparecen 28 glifos, algunos repetidos varias veces, entre los que están incluidos cuatro que corresponden indudablemente a la fruta de piña. Los glifos están distribuidos en grupos o series de probable lectura horizontal, de izquierda a derecha (Rodríguez et al., 2006). Esto corrobora el conocimiento, uso e importancia que esta fruta tuvo entre nuestros antepasados de la denominada "Cultura Madre".

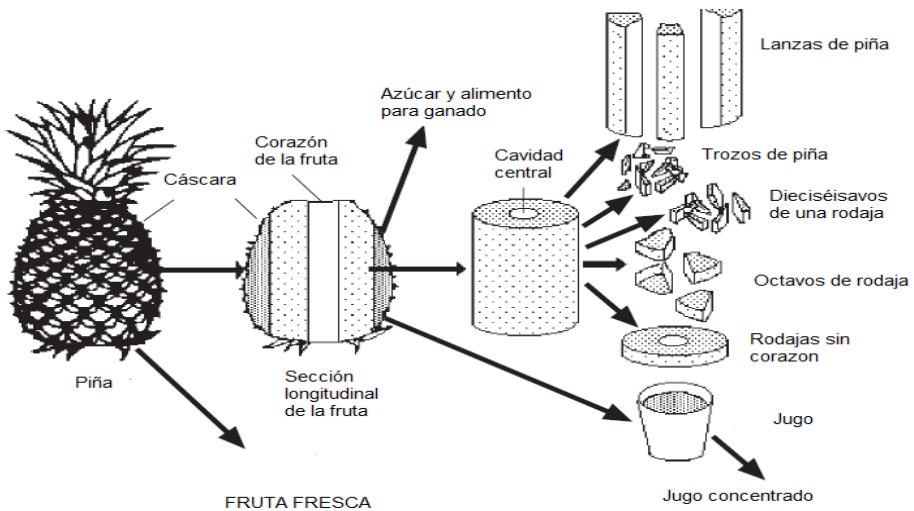
2. Usos y propiedades nutracéuticas de la piña

Los usos que se le dan a la piña y a sus subproductos son diversos. Sin embargo, el destino principal de esta fruta es su consumo en fresco o procesado (conservas y jugos). Los productos comúnmente obtenidos del procesamiento del fruto de piña son: jugo natural, jugo concentrado, rodajas de pulpa sin corazón (slices), medias rodajas de pulpa, pulpa en cubos, rodajas de pulpa en octavos (chunks), rodajas de

[2] Dato calculado a partir de las bases de datos de la FAOSTAT; considera la producción total de piña en EUA.

pulpa en dieciseisavos (tidbits), en lanzas o deditos (Figura 2) y en mezclas de ellos con otras frutas.

Figura 2.
Productos obtenidos de piña



Fuente: Rohrbach et al., 2002.

En Puerto Rico y en otras partes del Caribe, los españoles descubrieron que las personas remojaban rodajas de piña en agua con sal antes de comer; en México, comer rebanadas de piña con sal, chile piquín, y a veces con limón, es una práctica habitual. En Panamá, se cortan piñas muy pequeñas de la planta con algunos centímetros de tallo para servir como asa, se quita la corteza excepto en la base y así, el fruto se consume; las frutas más grandes se cortan de varias maneras y se come fresca, como postre, en ensaladas, compotas y demás, o se cocina en tartas, pasteles, budines o como guarnición en jamón o en salsas o conservas. Los malayos utilizan la piña en curry y varios platos de carne. En Filipinas, la pulpa fermentada se convierte en un dulce popular llamado nata de piña. En África, los brotes tiernos se comen en ensaladas. En Guatemala los brotes jóvenes, llamados hijos de piña se venden en mercados de verdura. Cuando está verde, la piña no sólo no es comestible sino también es venenosa, irrita la garganta y actúa como un purgante (Morton, 1987).

A la piña se le atribuyen cualidades y usos medicinales que benefician a los consumidores. El principal componente de la piña es el agua, que constituye el 86 % de su peso (Cuadro 1), mientras que el principal nutriente corresponde a los carbohidratos, que suponen el 13 % de su peso. Además, esta fruta contiene cantidades considerables de potasio, calcio, magnesio, fibra y vitamina C y es baja en grasas. En el caso de la vitamina C, es considerada el principal antioxidante soluble en agua del cuerpo, contra los radicales libres que atacan y dañan las células normales (Joy, 2010).

Cuadro 1.

Composición nutrimental de la piña por cada 100 gramos

Nutrientes	Valor
Agua	86 g
Energía	50 kcal
Proteína	0.54 g
Lípidos totales	0.12 g
Carbohidratos	13.12 g
Fibra dietética total	1.4 g
Azúcares totales	9.85 g
Minerales	
Calcio (Ca)	13 mg
Hierro (Fe)	0.29 mg
Magnesio (Mg)	12 mg
Fósforo (P)	8 mg
Potasio (K)	109 mg
Sodio (Na)	1 mg
Zinc (Zn)	0.12 mg
Vitaminas	
Vitamina C (ácido ascórbico)	47.8 mg
Vitamina B1 (Tiamina)	0.079 mg
Vitamina B2 (Riboflavina)	0.032 mg
Vitamina B3 (Niacina)	0.5 mg
Vitamina B6	0.112 mg
Ácido fólico, DFE	18 µg
Vitamina A, RAE	3 µg
Vitamina A, IU	58 IU
Vitamina E (alpha-tocofrol)	0.02 mg
Vitamina K (Filoquinona)	0.7 µg
Lípidos	
Ácidos grasos saturados totales	0.009 g
Ácidos grasos monoinsaturados totales	0.013 g
Ácidos grasos poliinsaturados totales	0.04 g

Fuente: United States Department of Agriculture Agricultural Research Service-National Nutrient Database for Standard Reference Legacy Release (2016).

La mayor parte de los usos y propiedades medicinales de la piña se relacionan con la enzima proteolítica bromelina, que la pulpa y jugo natural de piña contiene en cantidades importantes (Rohrbach, Leal, & Coppens d'Eeckenbrugge, 2003). Diferentes estudios clínicos han demostrado que la bromelina puede contribuir al tratamiento de varios trastornos, tales como (Pavan, Jain, Shraddha, & Kumar, 2012):

Cardioprotección. La bromelina previene o minimiza la gravedad de la angina de pecho y el ataque isquémico transitorio; es útil en la prevención y el tratamiento de la tromboflebitis; puede descomponer las placas de colesterol y ejerce una potente actividad fibrinolítica; una combinación de bromelina y otros nutrientes protegen contra la lesión por isquemia y reperfusión en el músculo esquelético; contribuye al tratamiento de las enfermedades cardiovascualres ya que es un inhibidor de la agregación plaquetaria de la sangre, lo que minimiza el riesgo de trombosis arterial y embolia; además, contribuye a atenuar el desarrollo de la enfermedad alérgica de las vías respiratorias.

Antiinflamatorio. La bromelina es un complemento alimenticio que puede proporcionar un tratamiento alternativo a los antiinflamatorios no esteroides (AINE), además desempeña un papel importante en la patogenia de la artritis.

Ayuda al funcionamiento del sistema inmunitario. La bromelina ha sido recomendada como un enfoque terapéutico adyuvante en el tratamiento de enfermedades inflamatorias, malignas y autoinmunes crónicas.

Antibacteriano. Algunas evidencias muestran que la bromelina contrarresta algunos efectos de patógenos intestinales como *Vibrio cholera* y *Escherichia coli,* cuya enterotoxina causa diarrea en animales.

Anticancerígeno. Estudios actuales han demostrado que la bromelina tiene la capacidad de modificar las vías clave que apoyan la malignidad celular.

Cicatrización. La bromelina aplicada como crema puede beneficiar el desbridamiento del tejido necrótico y la aceleración de la curación. El desbridamiento se refiere a la eliminación de tejidos muertos o gravemente dañados por heridas o quemaduras de segundo y tercer grado.

Además de los usos terapéuticos, la bromelina anteriormente derivada del jugo y ahora obtenida de los tallos maduros rescatados cuando se limpian los campos, se utiliza para ablandar la carne, enfriar la cerveza, se agrega a la gelatina para

incrementar la solubilidad para beber, se ha utilizado para estabilizar las pinturas de látex y en el proceso de curtido de pieles (Joy, 2010).

El uso de subproductos de piña es variado, aunque no tanto como sería lo deseable. Cuando la fruta se dirige a la industria procesadora, la cáscara y corona de la piña que se desechan en este proceso pueden llegar a representar el 50 % del peso de la fruta. Esto equivale a cerca de diez toneladas de fibra fresca o una tonelada de fibra seca por hectárea. Una alternativa de aprovechamiento es utilizarlas para alimentar rumiantes (Corporación Colombia Internacional, 2003).

En campo, después de la última cosecha de frutos y vástagos, cuando la plantación ha ido a menos y sólo quedan plantas viejas con hijuelos no aprovechables para nuevas siembras y maleza, lo conveniente es destruir los restos del cultivo con chapeadora o trituradoras, e incorporarlos al suelo. Sin embargo, cuando aún quedan muchos restos del cultivo de piña anterior y su trituración e incorporación se dificulta, una alternativa es cosechar una parte de los residuos y aprovecharlos para alimentar ganado bovino, ya sean ofrecidos directamente o procesados mediante la técnica del ensilaje, la cual mejora su calidad, aprovechamiento y oportunidad de alimentación.

Algunos productores introducen ganado directamente a las plantaciones de desecho para aprovechar el forraje y reducir costos de chapeo, pero desafortunadamente eso provoca una grave compactación del terreno, pérdida de materia orgánica para el ciclo posterior y un consecuente y rápido agotamiento de la fertilidad del predio. Además, la presencia de ganado en los terrenos de cultivo, es contraria a las buenas prácticas de inocuidad que deben cumplirse para obtener las certificaciones correspondientes, por riesgos de presencia de inóculo de enfermedades propias de los bovinos (tuberculosis, brucelosis y leptospirosis, entre otras).

Las hojas de piña producen una fibra fuerte, blanca y sedosa, extraída mediante una práctica que desarrollaron los indios de la Amazonia, que se transmitió a los demás pueblos de América cuando el cultivo se dispersó. Algunos cultivares se plantan especialmente para la producción de fibra, por lo que sus frutos jóvenes se eliminan para dar a la planta la máxima vitalidad. La 'Perolera' es un cultivar ideal para la extracción de fibra ya que sus hojas son largas, anchas y rígidas. Los chinos de la provincia de Kwantgung y de la isla de Hainan tejen la fibra

en tejidos gruesos. Hace mucho tiempo se usó para hilo en Malaca y Borneo. En India, el hilo es muy apreciado por los zapateros. En África occidental se ha utilizado para enhebrar joyas y también se han convertido en capas y gorras usadas por los jefes tribales. La gente de Guam tuerce a mano la fibra para hacer redes de pescar. También emplean la fibra para envolver o coser cigarros. La tela de piña hecha en la isla de Panay en Filipinas y en Taiwán es muy apreciada. En Taiwán también hacen una tela áspera para la ropa interior de los granjeros (Morton, 1987). La fibra de piña es una fibra suave extraída de las hojas de la planta de piña, y puede producirse rompiendo las hojas maduras a través de una máquina de decorticación. A veces se combina con seda o poliéster para crear un tejido textil. Las hojas son material de desecho en la producción de piña, que puede convertirse en fibra y venderse en un mercado de contrato (Murthy, 2016).

Las hojas de piña se usan para hacer una gran cantidad de productos textiles, desde ropa y bolsos hasta bufandas y tapicería de muebles. Este subproducto ha sido ampliamente explotado en Filipinas, donde se rescató el conocimiento tradicional de la población, quienes desde el pasado han confeccionado sus trajes tradicionales produciéndolos a partir de las fibras de las hojas de las plantas (Fresh Plaza, 2015). Fue la doctora Carmen Hijosa, de origen español, experta de textiles, quien trabajando como consultora en la industria de artículos de cueros en Filipinas, en la década de los noventa, comprobó que de las hojas de la piña se podía extraer gran cantidad de celulosa, una fibra vegetal que puede ser convertida por medio de procesos físicos y químicos, en un textil flexible y resistente muy parecido al cuero. Comprobó también que las condiciones de constante humedad y temperatura de este país tropical, facilitan la extracción de toda la celulosa de las hojas de la piña sin que ésta pierda sus cualidades. Su trabajo de investigación y búsqueda de una alternativa ecológica al cuero animal, dio como resultado la creación del textil Piñatex y de la empresa Ananas Anam (Anónimo, 2016).

Algunas formas quiméricas de la piña se comercializan como plantas ornamentales (Davey, Sripaoraya, Anthony, Lowe, & Power, 2007). Muchas de las especies de bromelias son importantes por su valor ornamental como plantas en maceta, y la piña no es la excepción. *Ananas bracteatus* var. *variegatus* es una planta de jardín, tradicional en regiones tropicales, *A. comosus* cv. Singapur Español utilizado en Malasia en los jardines alrededor de los templos. Una explotación más

reciente de piña ornamental se dirige hacia el mercado de flores cortadas. Por ejemplo, en Costa de Marfil, una empresa privada cultiva diferentes cultivares para exportar a Europa. Entre éstos se encuentra el abigarrado *A. bracteatus*; un clon de *Ananas nanus* con una pequeña inflorescencia rosada (3-4 cm) (Duval, Coppens d'Eeckenbrugge, Fontaine, & Horry, 2001).

3. Contexto internacional de piña

3.1 Antecedentes de la producción de piña en el mundo

Antes de la Segunda Guerra Mundial, la piña enlatada en conserva era el producto dominante, y la fruta fresca era suministrada a los principales mercados únicamente por las regiones productoras cercanas (Fold & Gough, 2008). En 1930, Hawái se había posicionado como el principal productor de piña enlatada en el mundo, alcanzando su punto máximo en 1957; su dominio se vio ensombrecido cuando Del Monte, una de las industrias más grandes instalada en Hawái, estableció en Filipinas la empresa "Philippine Packing Corporation" (PPC), en 1930, cuya expansión se hizo evidente después de la Segunda Guerra Mundial. Seguido a esto, la empresa Dole decidió establecer plantaciones y fábricas en Filipinas (en 1964) y en Tailandia, en 1972. El descenso de la participación de las empresas en Hawái se produjo principalmente porque las fábricas de conservas en países como Filipinas y Tailandia tenían costos laborales de aproximadamente una décima parte de los de Hawái (Bartholomew et al., 2012).

Es así como, el sudeste de Asia se convirtió en el centro de producción y procesamiento de las piñas, en particular Filipinas y Tailandia y, posteriormente, Indonesia. Desde entonces el mercado mundial de productos de piña, procesados, incluidos los volúmenes considerables de jugo, han sido dominados por los exportadores del sudeste asiático (Rohrbach et al., 2003 citado por Fold & Gough, 2008). Paralelo a los acontecimientos señalados, a partir de mediados de 1980 hasta mediados de la década de los noventa, el entusiasmo de los consumidores por frutas y hortalizas frescas creció, lo cual se vio favorecido por el desarrollo de técnicas de transporte marítimo con sistemas de refrigeración (Friedland, 1994 citado por Fold & Gough, 2008). De este modo, la situación en la que se vio inmersa

la industria de piña enlatada en Hawái hizo que su producción se orientara al mercado en fresco (Bartholomew et al., 2012).

Fold y Gough (2008) señalan que el consumo de piña fresca aumentó gradualmente hasta mediados de 1980; en el caso de Europa, suministrada cada vez más por empresas de plantaciones francesas de Costa de Marfil. También, América Central fue reemplazando gradualmente a Hawái, principal proveedor de piña fresca de los EUA (Suryanata, 2000 citado por Fold & Gough, 2008), pero las exportaciones de piña procedentes de América Latina hacia Europa permanecieron insignificantes. El incremento en las importaciones de EUA se debió principalmente a la aprobación de la Iniciativa para la Cuenca del Caribe (ICC) en 1983, mediante la cual se abrieron las exportaciones con origen en Centroamérica y Caribe. Esta iniciativa también logró el desplazamiento de México, principal proveedor de piña de EUA hasta ese entonces.

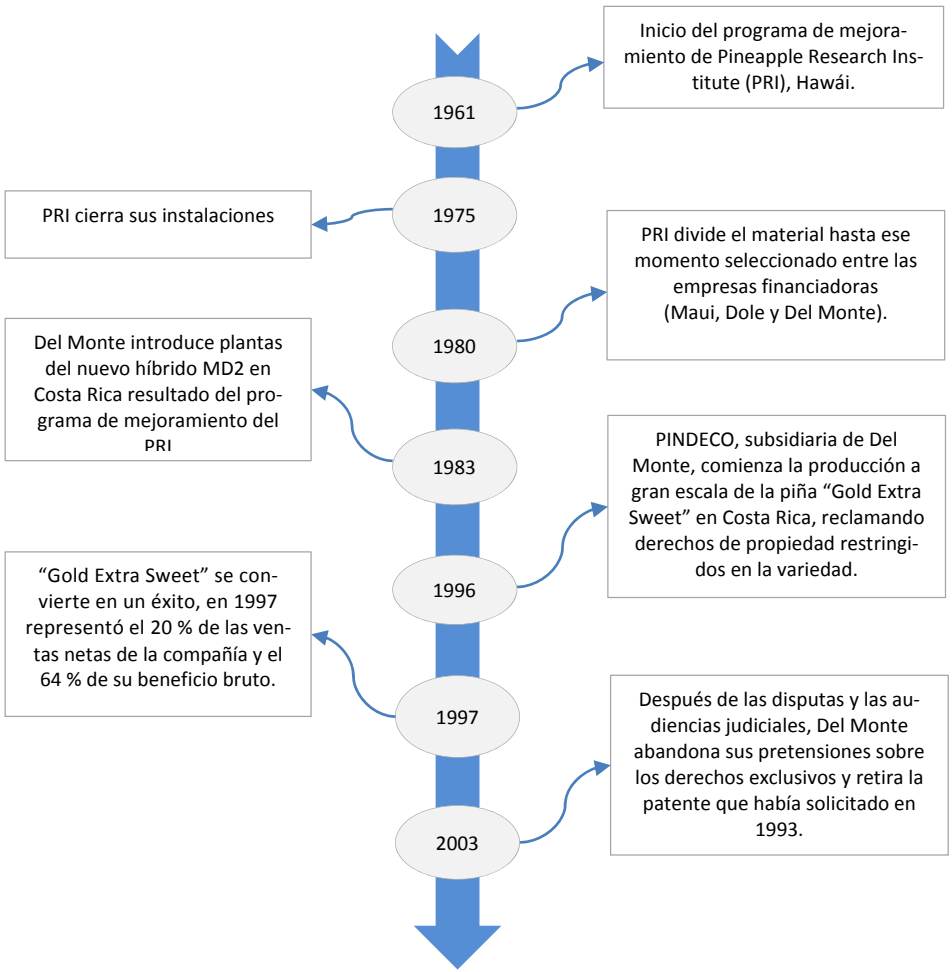
Estos cambios hicieron que las multinacionales trasladaran sus centros de producción a otras regiones con vocación productiva de piña, con el fin de beneficiarse de las condiciones preferenciales que ofrecían, donde las distintas políticas desarrolladas en países como Costa Rica, proporcionaron incentivos para las inversiones extranjeras (Fold y Gough, 2008). Para beneficiarse de estas ventajas fiscales, Del Monte, a través de su subsidiaria "Pineapple Development Company" (PINDECO), trasladó su centro de producción de piña en fresco de Hawái, e inició sus operaciones en Costa Rica (UTEPI, 2006).

En 1996, Del Monte introdujo la piña MD2, resultado del programa de mejoramiento iniciado por el "Pineapple Research Institute" (PRI) (Figura 3).

La piña MD2, en Costa Rica, se tradujo en una rápida expansión de las exportaciones hacia los EUA, y posteriormente a la Unión Europea. A raíz de las agresivas campañas de marketing, la preferencia de los consumidores cambió de la variedad Cayena Lisa al híbrido MD2 (Fold & Gough, 2008).

Como lo indica Vageron et al. (2009), el éxito de la piña MD2 pone de relieve la importancia de la diversidad de las formas adoptadas por la innovación: i) la innovación varietal (el cambio de Cayena Lisa a MD2); ii) la innovación logística (inversión en buques frigoríficos, instalaciones de almacenamiento, infraestructura portuaria, entre otros); iii) el desarrollo de nuevas normas y códigos de conducta de calidad, y iv) la diferenciación del producto (a través de empaque, etiquetado, y el desarrollo de nuevos productos).

Figura 3.
Trayectoria tecnológica de la piña MD2 en el mundo

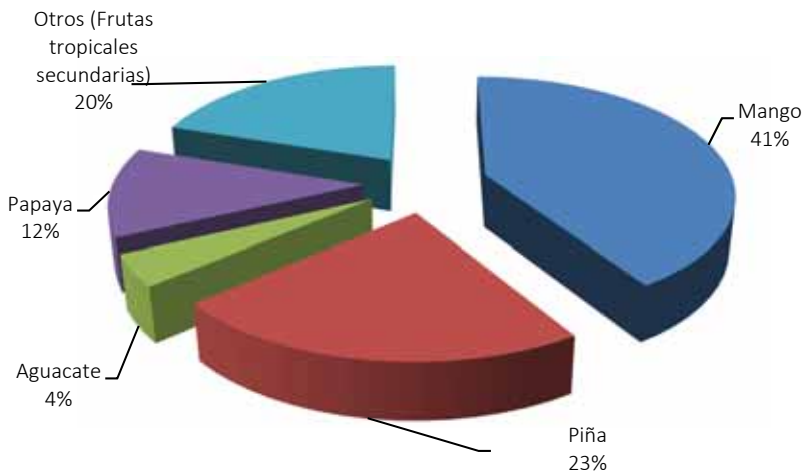


Fuente: Elaboración propia.

3.2 Producción mundial de piña y sus tendencias

De acuerdo con datos de FAOSTAT (2013), la piña ocupa el segundo lugar en la producción mundial de los frutales tropicales, sólo superada por el mango (Figura 4). La producción de piña se encuentra principalmente distribuida entre las latitudes 30° N y S (Bartholomew & Malézieux, 1994 citado por Paull & Duarte, 2011), integrando alrededor de 87 países. En la figura 5 se muestran las principales regiones productoras del mundo.

Figura 4.
Producción mundial de frutales tropicales (2013)

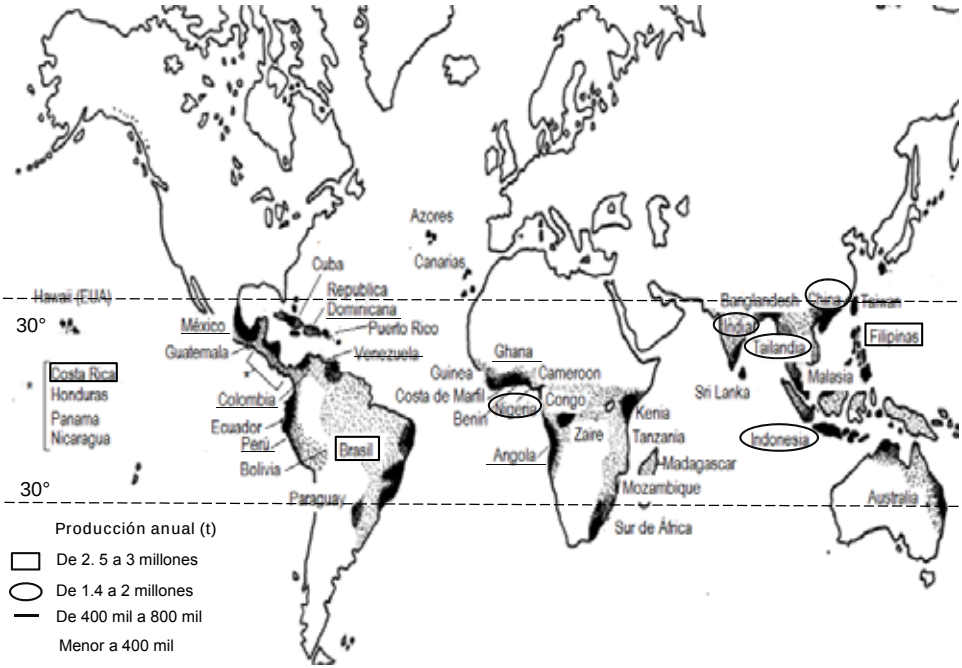


Fuente: Elaboración propia con datos de FAO-FAOSTAT (2014).

La producción mundial de piña estimada para el 2013 fue de casi 25 millones de toneladas, equivalente al 23 % de la producción total de las frutas tropicales; dicha cantidad refleja un incremento considerable con respecto al año de 1995, cuando la producción fue de sólo 13 millones de toneladas (Figura 6). Regionalmente, Asia es el líder en la producción de piña, el cual en 2013 aportó el 44.5 %, seguido de América con el 37 % y África con el 18 %.

De este modo, la producción mundial de esta fruta se ha concentrado en unos cuantos países (Cuadro 2) siendo Costa Rica, Brasil, Filipinas y Tailandia los principales en cuanto a volumen de producción (37 %).

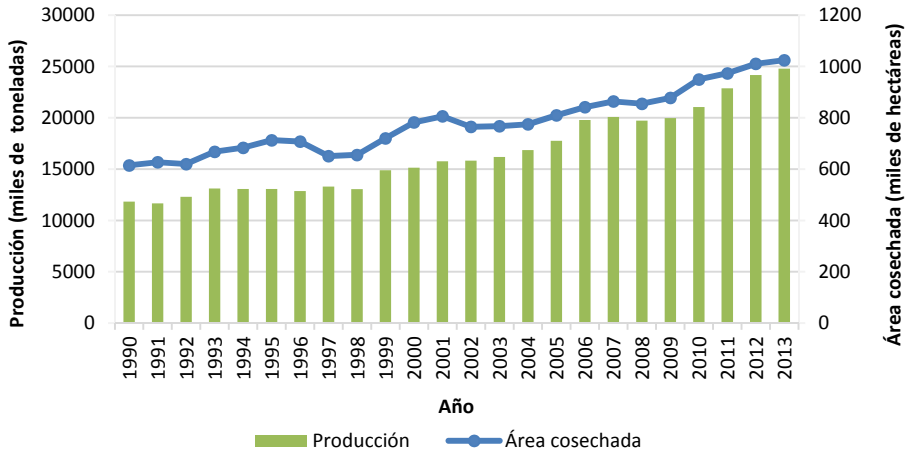
Figura 5.
Países productores de piña



Fuente: Modificado de Py, 1968.

Figura 6.

Evolución de la producción y la superficie sembrada mundial de piña



Fuente: Elaboración propia con base en datos de FAO-FAOSTAT (2017).

Cuadro 2.

Principales países productores de piña, 2013

País	Producción		Superficie cosechada		Rendimiento
	(miles de t)	%	(miles de ha)	%	t/ha
Costa Rica	2,916	11	46	4	63
Brasil	2,646	10	67	7	40
Filipinas	2,507	10	62	6	41
Tailandia	1,915	8	72	7	27
Indonesia	1,835	7	16	2	-
India	1,737	7	110	11	16
Nigeria	1,465	6	182	18	8.0
China	1,433	6	73	7	20
México	817	3	19	2	43
Ghana	662	3	11	1	63
Colombia	653	3	15	1	43
Angola	599	2	44	4	14
Vietnam	591	2	36	4	17
Venezuela	469	2	23	2	21
Otros	5,194	20	246	24	--
Total	25,000	100	1,024	100	25

Fuente: Elaboración propia con base en datos de FAO-FAOSTAT (2017).

Como se mencionó anteriormente, la concentración de la producción de piña en unos cuantos países obedece al establecimiento de empresas transnacionales, las cuales producen plantaciones a gran escala y también tienen arreglos contractuales con productores de piña locales. Además, algunas de estas empresas controlan el suministro de piña a grandes mayoristas dentro de una cadena de suministro estrechamente estructurada (Kleemann & Effenberger, 2010).

Con relación a la superficie cosechada, los principales países son Nigeria, India, Tailandia y China. Estas diferencias radican en el rendimiento obtenido; si bien Nigeria tiene la mayor superficie cosechada, su rendimiento está muy por debajo del de otros países. El bajo rendimiento obtenido por Nigeria, India y Tailandia está asociado a dos factores: 1) reducida calidad de los suelos, así como su erosión, y 2) la limitada mecanización de las labores de cultivo (COVECA, 2003).

3.2 Principales países exportadores de piña

El mercado mundial de la piña se divide en exportaciones en fresco y productos procesados (jugo, jugo concentrado y conserva). Así, por el volumen de exportación los productos de mayor importancia en el mercado mundial son la piña en conserva y la piña en fresco. Es de mencionarse que durante los últimos años el mercado de exportación de piña en fresco ha crecido considerablemente, de manera que el volumen de las exportaciones en fresco se ha triplicado con respecto a las exportaciones de piña en conserva (Cuadro 3).

El mercado de exportación de piña fresca está dominado por dos países productores, Costa Rica y Filipinas, concentrando el 66 % y 17 % de las exportaciones, respectivamente. Otros países que participan de manera importante en el comercio de piña fresca son Países Bajos, Bélgica y Alemania; sin embargo, estos no son realmente países productores de piña, sino que, al ser puertos de entrada a Europa, funcionan como reexportadores de piña fresca y procesada. En el caso de EUA es posible que las exportaciones sean resultado también de reexportaciones hacia Canadá (Figura 7).

Cuadro 3.

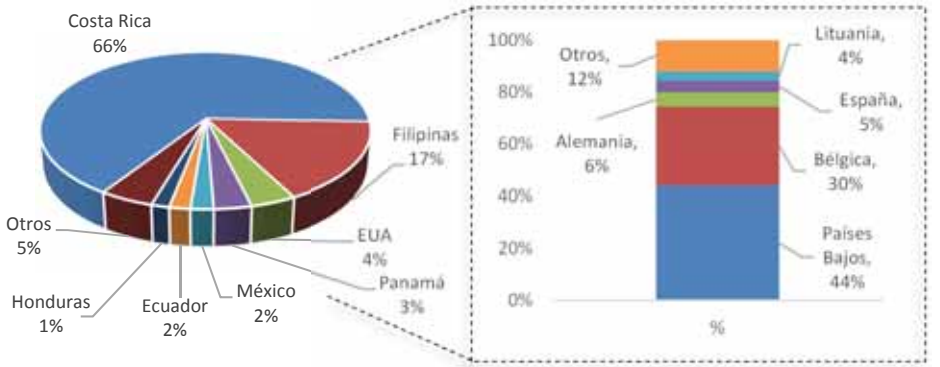
Exportaciones de piña fresca y procesada en el mundo

Año	Exportaciones jugo de piña (miles de t)	Exportaciones de jugo concentrado (miles de t)	Exportaciones de piña en conserva (miles de t)	Exportaciones de piña fresca (miles de t)
2013	285	429	1,104	3,411
2012	368	423	1,112	3,365
2011	248	486	1,234	3,146
2010	256	448	1,022	2,908
2009	262	469	1,055	2,841
2008	286	437	1,366	2,885
2007	311	396	1,180	2,811
2006	333	477	1,289	2,520
2005	388	376	1,263	2,189
2004	391	133	1,149	1,841
2003	361	297	1,118	1,542
2002	371	109	1,012	1,408
2001	375	28	1,078	1,210
2000	373	28	1,074	1,020

Fuente: Elaboración propia con base en datos de FAO- FAOSTAT (2017).

Figura 7.

Exportaciones de piña fresca a nivel mundial (2013)



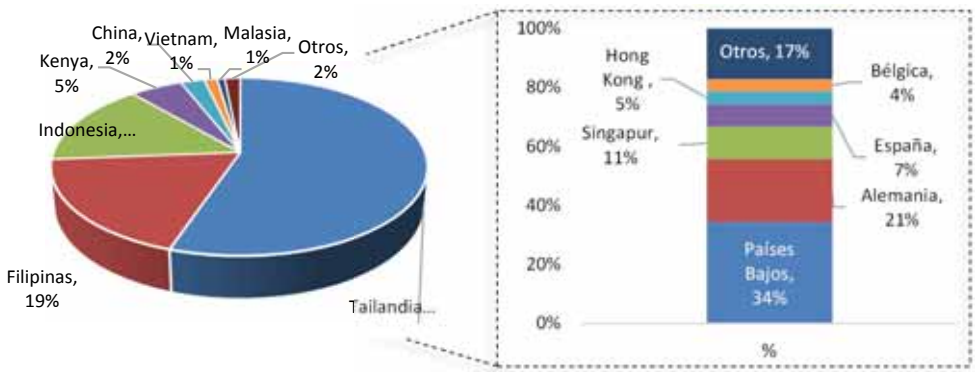
Fuente: Elaboración propia con base en datos de FAO-FAOSTAT (2017).

Rodríguez (2006) citado por Rebolledo, Uriza, del Ángel, Rebolledo, & Zetina (2011), indican que dentro de las características más importantes en el fortalecimiento de la posición de Costa Rica en el mercado internacional estan: la variedad utilizada y la tecnología de producción, además del sistema de producción de fincas enlazado al sistema de empaque y distribución, así como la organización de productores y sobre todo las condiciones agroecológicas del país. Así, el éxito costarricense se debe a la producción uniforme, basada en la estandarización de procesos productivos.

Aunado a los elementos anteriores, Acuña (2005) señala que el desarrollo del sector de la piña en Costa Rica tiene su origen en: i) el impulso de las actividades de exportación orientadas a mercados amplios como el estadounidense y el europeo y ii) la entrada en operación de mecanismos, instrumentos e incentivos que apoyaron la exportación y que dieron impulso al modelo basado en la promoción de las exportaciones de los años ochenta y noventa.

En lo que respecta a la exportación de producto procesado, específicamente piña en conserva, los países que destacan como principales exportadores son Tailandia, Filipinas e Indonesia. Países Bajos y Bélgica, al no ser productores de piña se integran al mercado como los principales reexportadores (Figura 8).

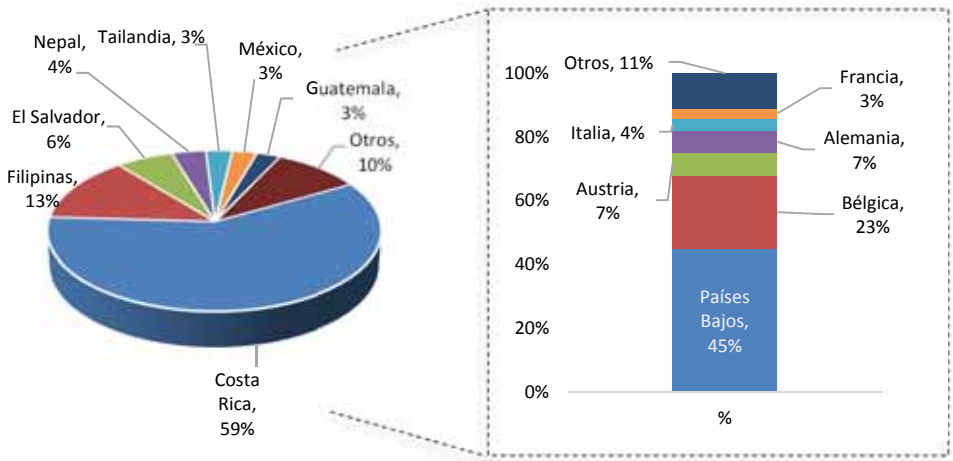
Figura 8.
Exportaciones de piña en conserva a nivel mundial (2013)



Fuente: Elaboración propia con base en datos de FAO-FAOSTAT (2017).

En el caso de jugo, los principales países exportadores son Costa Rica, Filipinas y El Salvador, agrupando el 78 % de las exportaciones pertenecientes a los países productores de piña. Países Bajos, Bélgica y otros, los cuales no figuran como países productores, se integran al mercado como reexportadores (Figura 9).

Figura 9.
Exportaciones de jugo de piña a nivel mundial (2013)

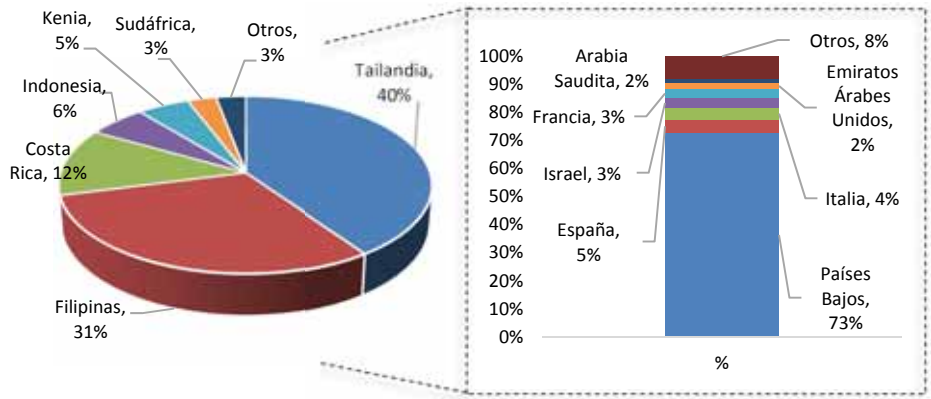


Fuente: Elaboración propia con base en datos de FAO-FAOSTAT (2017).

Mientras tanto, el jugo concentrado de piña es exportado principalmente por Tailandia, Filipinas y Costa Rica. Como principales países reexportadores de jugo concentrado participan Países Bajos y Bélgica (Figura 10).

Es evidente que tanto en jugo concentrado como en piña en conserva el comercio mundial esta dominado por el bloque asiático. Mientras que el comercio de la piña en fresco se distingue por la participación preponderante de Costa Rica.

Figura 10.
Exportaciones de jugo concentrado de piña a nivel mundial (2013)



Fuente: Elaboración propia con base en datos de FAO-FAOSTAT (2017).

3.3 Principales países importadores de piña

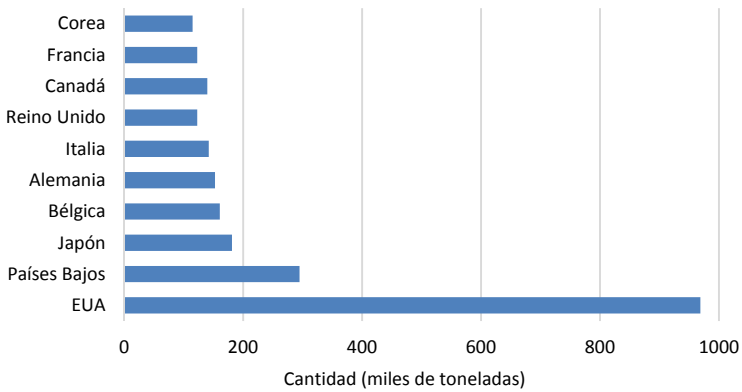
Las importaciones frescas o transformadas de piña están aumentando considerablemente a lo largo del tiempo, impulsadas por un aumento de la producción que promueve economías de escala y, por tanto, precios asequibles. El consumo per cápita se estima en alrededor de 2 kg por año por habitante para América del Norte y la Unión Europea (UE-15), y de 1.3 kg por año para Japón. Por tanto, comparando estas cifras con el consumo per cápita de otros países el cual es más bajo, por ejemplo Rusia (0.18 kg), permite vislumbrar el potencial de crecimiento, sumado a que los precios de venta son cada vez más accesibles ante el constante aumento de la oferta (UNCTAD, 2016).

Así, considerando el volumen importado, EUA es el principal país que adquiere la mayor parte de la oferta mundial de piña fresca y procesada (Figuras 11 a 14).

Otros países que destacan en la importación de productos de piña son: Bélgica, Países Bajos, Alemania, Francia, España, Federación Rusa e Italia. Sin embargo, es importante tomar en cuenta que mientras los EUA, Canadá y Japón consumen más o menos las cantidades que importan (excluyendo los volúmenes menores de

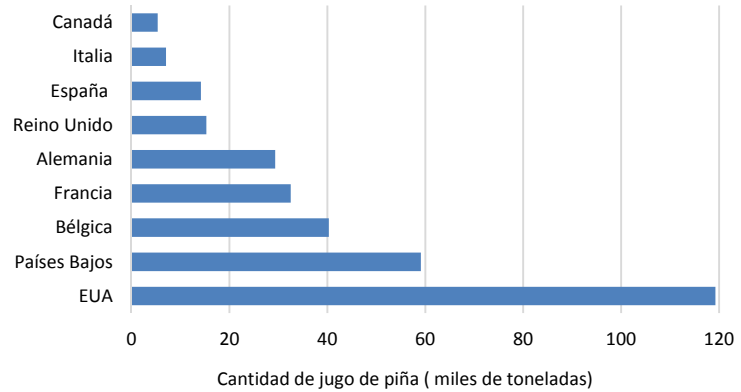
reexportación), esta situación no es aplicable a países importadores de la Unión Europea, donde los Países Bajos y Bélgica son puntos de entrada que distribuyen gran parte de sus importaciones en los demás Estados miembros (UNCTAD, 2016).

Figura 11.
Importaciones de piña fresca a nivel mundial (2013)



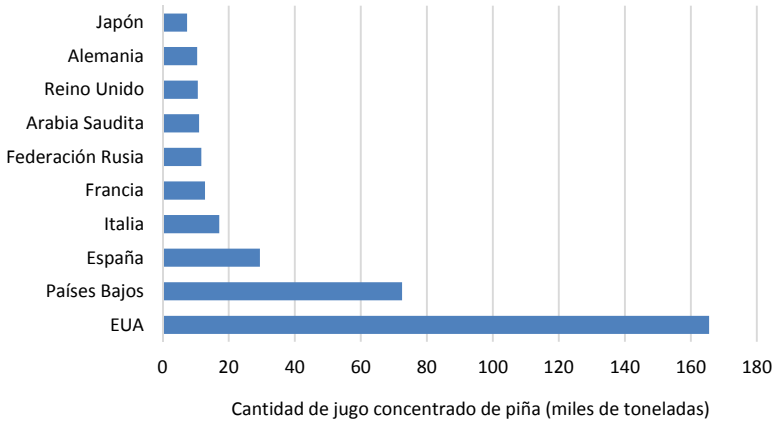
Fuente: Elaboración propia con base en datos de FAO-FAOSTAT (2017).

Figura 12.
Importaciones de jugo de piña a nivel mundial (2013)



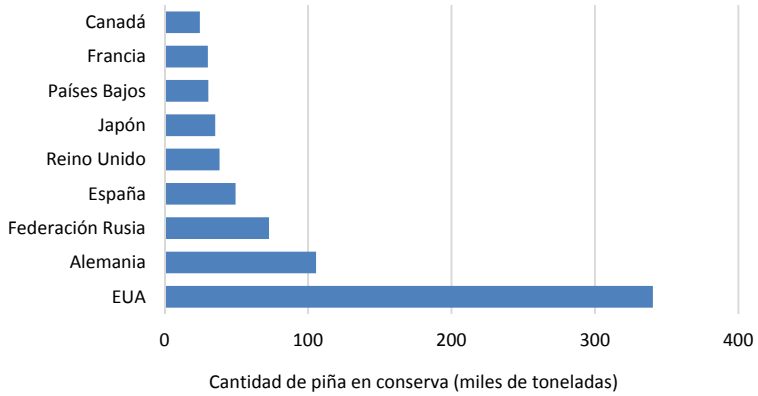
Fuente: Elaboración propia con base en datos de FAO-FAOSTAT (2017).

Figura 13.
Importaciones de jugo concentrado de piña a nivel mundial (2013)



Fuente: Elaboración propia con base en datos de FAO-FAOSTAT (2017).

Figura 14.
Importaciones de piña en conserva a nivel mundial (2013)



Fuente: Elaboración propia con base en datos de FAO-FAOSTAT (2017).

Dada la relevancia de EUA en las importaciones de piña fresca y transformada, resulta fundamental destacar que las importaciones de piña fresca en el año 2016 fueron de Costa Rica, México y Honduras, mientras que para piña transformada se importó de Tailandia, Filipinas e Indonesia. En el cuadro 4 se observa la participación de cada país como proveedor de piña, según el producto de piña importado por EUA.

Cuadro 4.
Principales países proveedores de piña por EUA (2016)

Producto	Principales países exportadores	Participación mercado EUA (%)
Piña fresca*	Costa Rica	85
	México	8
	Honduras	4
Piña en conserva**	Tailandia	48
	Filipinas	32
	Indonesia	13
Jugo de piña***	Tailandia	43
	Filipinas	18
	Costa Rica	17
	Indonesia	13

Nomenclatura: 080430*, 200820**, 200949***
Fuente: Elaboración propia con datos de TRADE MAP (2017).

4. Evolución de la piña en México

Aun cuando en México ya eran cultivados, desde tiempos prehispánicos y bajo el sistema de *agrobosque*, varios tipos de piñas comestibles de genotipos más rústicos, y luego se propagaron otros denominados “de Castilla” o “Criollo”, introducidos por los españoles de Centroamérica y algunas islas del Caribe, su producción comercial intensiva sólo ocurrió cuando se importaron de Hawái los primeros vástagos del clon Cayena Lisa, a principios del siglo XX. Una segunda introducción de material vegetativo de Cayena Lisa ocurrió en 1946, quizá motivada por la caída de la industria en Hawái debida a la insuficiente mano de obra, resultado de la Segunda Guerra Mundial.

Sobre la primera introducción a México, a inicios del siglo pasado, las versiones refieren que un lote de plantas de Cayena Lisa fue traído de Hawái, en 1903, por la compañía constructora norteamericana Morrison, y llevado a las localidades de Tezonapa y Cosolapa, entre los estados de Veracruz y Oaxaca. Después de varias pruebas en campo, finalmente sólo prosperó a nivel de pequeños huertos en traspatios, para consumo local, algunos de los cuales estaban ubicados cerca a la vía del tren. Se dice que ahí, en 1906[3], el también norteamericano Frank Peters, por su paso por Cosolapa/Tezonapa y rumbo a la región del Bajo Papaloapan con el fin de establecerse en ella para realizar proyectos comerciales, vio los pequeños huertos con piñas a los lados de las vías del tren e interesado en su cultivo, compró alrededor de 1,000 hijuelos, los cuales transportó en tren y los sembró en Loma Bonita, Oaxaca (Rebolledo, Uriza, & Rebolledo, 1998).

Otra versión menciona que fue en 1908 cuando Frank Peters, quien había llegado en 1908 con los contratistas del ferrocarril y trabajaba para ellos, fue comisionado para llevar la semilla o hijuelos de la piña, específicamente a Loma Bonita[4]. Al parecer, fue entre 1912 y 1920 cuando se consolidó la siembra y explotación comercial de piña en esta mencionada localidad oaxaqueña, por cierto, referida un sinfín de ocasiones por propios y extraños como la "Capital mundial de la piña", título muy disputado a todos los niveles (regional, estatal, nacional y mundial) y siempre cuestionado, simplemente por no tener o no cumplir con los requisitos necesarios (superficie, producción, magnitud de la comercialización, etc.) para ostentarlo o merecerlo. Sin embargo, este presumible título –justo o no– corresponde más que otra cosa a un claro y sincero indicador del orgullo que, el producir esta fruta, genera entre los productores, trabajadores y demás habitantes que participan en esta actividad económica, que no es cualquiera.

En 1924, ante una creciente demanda en las principales ciudades de México y el gran potencial de exportación de fruta de piña a los EUA, otro norteamericano de nombre John I. Howe rentó terrenos en lo que ahora es el municipio de Isla, en Veracruz y sembró 24 hectáreas de piña, con vástagos adquiridos en Loma Bonita, Oaxaca. Este material vegetativo de Cayena Lisa luego se distribuyó

[3] http://www.ayuntamientoisla.gob.mx/historia_isla.html
[4] http://oficial.municipiolomabonita.gob.mx/historia/

progresivamente a otras localidades vecinas en la región del Bajo Papaloapan, a estados del Pacífico, Golfo de México y Península de Yucatán, e incluso a varios países de Centroamérica, como Guatemala, Honduras y la misma Costa Rica.

Sin embargo, fue a inicios de la década de los años cuarenta que su cultivo se masificó y tomó un cariz empresarial cuando se establecieron en la región un conjunto de plantas procesadoras estadounidenses para surtir de fruta procesada a las tropas del Frente Aliado, durante la Segunda Guerra Mundial. En esta época el cultivo se tecnificó al adoptarse algunos componentes tecnológicos más importantes desarrollados y traídos de Hawái, por ejemplo: la siembra a hilera doble; el uso de densidades de plantación mayores; la fertilización química; el control químico de plagas, enfermedades y malezas; y la inducción floral artificial, entre otros (ASERCA, 2000).

Terminada la Segunda Guerra Mundial, la producción de esta fruta en México continuó en crecimiento. Sin embargo, ante la grave reducción en la demanda de fruta procesada por parte de EUA, varias de las empresas procesadoras se fueron del país, por lo que en la segunda mitad de los 50, para evitar un conflicto económico y social en la región, el gobierno financió mediante la banca de fomento, al menos cuatro plantas agroindustriales. Durante la primera mitad de los años 60 la demanda norteamericana de productos procesados se incrementó debido al rompimiento de las relaciones entre EUA y Cuba; no obstante, a partir de la segunda mitad de esta década, se inició una serie de altibajos para esta importante actividad económica, ya que la producción nacional de piña en conserva perdió participación en el mercado mundial debido a la relocalización de las plantas procesadoras (a países asiáticos, como Tailandia, Filipinas, Indonesia, etc.) que ya habían iniciado las principales empresas multinacionales (ASERCA, 2000).

A partir de 1970 inició un período donde la producción de piña se canalizó más a satisfacer la demanda interna (mercado fresco y agroindustrial) que la del mercado norteamericano, rompiendo con esto la histórica dependencia de ese mercado. Esto coincidió o se vio reforzado por un aumento en el consumo nacional a consecuencia del crecimiento poblacional, la expansión económica que se dio en esa época y la decidida intervención del estado para apoyar esta cadena productiva. En 1974 el Gobierno Federal intercedió de nuevo en apoyo a la agroindustria piñera creando el Complejo Frutícola Industrial de la Cuenca del Papaloapan, S.A.

(COFRINSA), con el fin de no dejar caer en crisis a este sector (ASERCA, 2000; Duhalt, 2001; Sánchez & Caraveo, 1996). En la mayoría de los años, entre 1974 y 1981, las plantas procesadoras llegaron a absorber hasta el 40 % de la producción nacional de piña, pero durante el resto de la década de los ochenta se redujeron progresivamente los volúmenes absorbidos por la agroindustria y la exportación en fresco, mismos que fueron canalizados al mercado fresco nacional, el cual llegó a absorber hasta el 80 % de la producción mexicana (Duhalt, 2001). Esta grave reducción en la demanda provocó que los precios medios rurales cayeran y que la superficie y la producción de fruta se hiciera cada vez más alternante, insegura económicamente y con claras tendencias a la baja.

Durante la década de los noventa, productores, agroindustriales y en general todo el sector piñero quedaron en una posición competitiva frágil por la puesta en marcha del Tratado de Libre Comercio de América Latina (TLCAN) en 1994. Ante este hecho cabía esperar del gobierno federal una estrategia para impulsar la competitividad de todos los eslabones de las cadenas. Al contrario, las nuevas políticas públicas orientadas a la liberación de los mercados priorizaron medidas tales como la liquidación de importantes instituciones que apoyaron durante muchos años a esta cadena productiva, como: la Comisión Nacional de Fruticultura (CONAFRUT), el Banco Nacional de Crédito Rural (BANRURAL), la Aseguradora Nacional Agrícola y Ganadera (ANAGSA), Fertilizantes Mexicanos (FERTIMEX), entre otras instituciones más. Fue también notorio el traspaso de COFRINSA, en 1991, a los productores organizados; sin que el proyecto fuera viable. De igual manera, el progresivo retiro del personal técnico de la ahora denominada SAGARPA en sus funciones de asesoría y apoyo a productores en el ámbito de los Distritos de Desarrollo Rural (DDR) y Centros de Desarrollo Regional (CADER) también impactó a los usuarios de estos servicios.

A finales de los 90 del siglo pasado y durante los primeros cinco años del presente, la mayor parte de la producción se canalizó al mercado fresco nacional (70 %), agroindustria procesadora (25 %) y sólo un poco (5 %) al exigente mercado fresco internacional. Las exportaciones se dirigieron hacia EUA como principal y prácticamente único destino viable, casi todas a granel, sin mayor valor agregado y sólo frutos de la variedad Cayena Lisa, la cual dejaba de ser solicitada cada vez más

por los mercados internacionales en fresco (Duhalt, 2001) como resultado de la aparición en el mercado internacional de una mejor opción varietal (MD2).

Así, entre altibajos y recurrentes crisis cíclicas por desplome en los precios debido a la sobre-oferta de fruta, con una hegemonía casi completa de Cayena Lisa en el país durante casi 100 años (1905-2005), el cultivo tuvo durante las dos últimas décadas del siglo XX un crecimiento lento, pero finalmente positivo.

No obstante, antes de que el siglo XX finalizara, el predominio de Cayena Lisa (que ocupaba el 90 % de la superficie nacional de piña) se tornó en un grave inconveniente, principalmente para aquellos países que eran exportadores de fruta en fresco, como lo es el nuestro, aun con los vólumenes relativamente pequeños. Aun cuando el volumen exportado por México era modesto y en su mayor parte a granel (alrededor de 25,000 t/año de fruta en fresco), resultaba importante para la economía y equilibrio de los mercados internos. La razón de este exabrupto comercial se debió a la aparición en el mercado internacional de piña en fresco de un nuevo material genético denominado MD2 (híbrido 73-114), cuyo desarrollo se inició en Hawái en 1970 por el Pineapple Research Institute (PRI), y quien posteriormente lo repartió a varias empresas piñeras, entre ellas Del Monte Fresh Produce, la cual culminó su desarrollo y lo presentó en 1996 para su comercialización mundial, bajo el nombre de Del Monte Gold Extra-Sweet (Bartholomew, 2009; Bartholomew et al., 2012; Vagneron, Faure, & Loeillet, 2009). Por sus excepcionales características, este nuevo cultivar también llamado Oro, Gold, Dorada o Piña Miel, cuya apariencia y contenido genético corresponde en mucho al grupo Cayena (hojas sin espinas o con muy pocas), cambió totalmente el orden, estructura y perspectivas de los países interesados en este mercado, incluido el nuestro.

Entre las características que diferencian al híbrido MD2 de Cayena Lisa, están: forma del fruto más cilíndrica y menos *abotellada*; ojos más planos, extendidos y de colores más brillantes; corona compacta, más proporcional y sin espinas; pulpa color amarillo intenso, más densa, con mayor contenido de fibra fina, menos "aguañosa"; 50 % menor cantidad de rafidios de oxalato de calcio[5], causante de las

[5] Los rafidios de oxalato de calcio son los que causan sensaciones intensas de quemazón o escaldado en la boca, no el contenido de ácidos orgánicos del fruto. Una pequeña dosis de rafidios en la

laceraciones en la lengua; 500 % más contenido de ácido ascórbico (Vitamina C); jugo con 1 o 2 °Brix más que la Cayena Lisa, lo que la hace más agradable al consumidor; además de tener una mayor vida de anaquel. Otra gran ventaja que la fruta de MD2 tiene sobre Cayena Lisa, Champaka y otras variedades e híbridos antes exportados, es que resulta muy resistente al llamado "Ennegrecimiento interno" (Internal Browning) o también conocido como "Daño por frío", que aparece en los tejidos del corazón del fruto y pulpa que lo rodea después de haber sido refrigerada a 7 °C o 10 °C, durante varias semanas (una a cuatro) para su transporte a centros de consumo lejanos. Este problema puede representar la pérdida de contenedores o embarques enteros, como ocurría frecuentemente con otras variedades durante su exportación a distancias largas.

La aparición de la piña MD2 en el mercado internacional provocó varios cambios en el sector productivo piña de México en un entorno donde las exportaciones de piña Cayena tenían poca aceptación. Entre 2000 y 2002 el rechazo de frutos en el mercado fresco internacional de la piña que no fueran del nuevo cultivar MD2, fue más evidente y estricto. A esta situación se le suman tres factores que confluyeron en la desestabilización de la actividad en el país. Primero, la pérdida en el poder adquisitivo de los mexicanos redujo el consumo interno. Segundo, la apertura comercial permitió la importación de grandes cantidades de piña procesada de Tailandia en menoscabo del procesamiento de 150 mil toneladas de fruta en fresco, correspondientes al 20 % de la producción nacional de esa época. Tercero, la saturación de bodegas con producto ya elaborado provocó el cierre o

pulpa y jugo es suficiente para provocar daños, ya que estos cristales en forma de agujas se insertan en los labios, lengua, mucosa oral, conjuntiva, o piel y producen dolor e hinchazón (Rojano, 2008 citado por Ascanio, 2013). La misma Ascanio (2013) determinó que Cayena Lisa tuvo el doble (43 *vs* 20 unidades/volumen de jugo analizado) cristales de oxalato que MD2, a igualdad de madurez del fruto. También que la proporción de oxalatos calcio y potasio es de 4:1, que la mayor concentración de estos cristales, es en la porción de la pulpa más cercana a la cáscara del fruto y que a mayor grado de madurez, menores contenidos de oxalatos. Por ello, la parte baja del fruto, que es la que primero madura, tiene menos rafidios. En Cayena Lisa, estos rafidios nunca desaparecen del todo. Tal vez por la menor cantidad de rafidios en la pulpa de frutos de MD2, su consumo puntual es mucho mayor, ya que, al no haber daños al paladar y lengua por la incrustación de estos cristales, cualquier persona puede degustar al menos el doble de trozos o rebanadas de piña, en comparación con otros de Cayena Lisa.

estancamiento de agroindustrias nacionales. La interacción de estos factores originó la recurrente saturación de los mercados nacionales, con el consecuente desplome de los precios y la pérdida de miles de toneladas de fruta en los campos de cultivo, bodegas de distribución y puntos de venta al menudeo, durante varias semanas, meses y temporadas en esos dos primeros años del siglo XXI.

A diferencia de otras crisis piñeras anteriores en México, en esta que se presentó al inicio del siglo XXI, hubo una fuerte e incluso violenta reacción por parte de algunos de los sectores afectados, principalmente por una de las varias organizaciones de productores, que se decían representativas del sistema-producto piña en esa época. A pesar de varios intentos de coordinación por parte de las autoridades responsables, resultó muy notorio el fraccionamiento y descoordinación de las mencionadas organizaciones en sus peticiones, lo que dificultó la definición de estrategias y programas de apoyo para dar solución a la problemática prevaleciente. Fue entre 2002 y 2006, cuando las distintas organizaciones de productores, empresas e instituciones federales, estatales y municipales, realmente interesadas en resolver de manera efectiva esta problemática, realizaron reuniones, movimientos, gestiones y acciones encaminadas a lograr una estructura organizativa única o central que permitiese a corto, mediano y largo plazo, dar un cambio sustantivo a la débil y expuesta cadena productiva piña y la hiciera una actividad más segura, competitiva y rentable.

Estas acciones, además de las del tipo organizativo y comercial, implicaron significativos cambios tecnológicos, incluida la reconversión varietal a MD2 y la transferencia de las nuevas tecnologías a los productores y técnicos responsables de las plantaciones especializadas en fruta de exportación, para su aplicación masiva. Las principales acciones vinculadas al establecimiento y manejo del cultivo fueron la introducción de material vegetativo del híbrido MD2 genética y fitosanitariamente sano, iniciado por el GIP-INIFAP en 1995, el ajuste de prácticas básicas de manejo del cultivo y evaluación de diferentes tecnologías acordes a las condiciones edafo-climáticas regionales y exigencias del cultivo y del mercado, también realizado por INIFAP entre 1998 y 2005 y el desarrollo de plantaciones comerciales para reactivar la exportación.

Durante este período, varios apoyos, federales y estatales (en Veracruz y Oaxaca), a productores organizados y a la agroindustria procesadora, fueron

concretados. Entre ellos, la importación de Costa Rica de material vegetativo de los nuevos clones de piña, Champaka y MD2, para el establecimiento de viveros y su multiplicación intensiva en México. Como asesor técnico principal, el INIFAP estuvo totalmente involucrado en este proceso de avance y cambio tecnológico, diseñando los programas y tecnologías de incremento acelerado de material vegetativo, que se desarrollaron a nivel estatal, federal y particular, en el caso de productores/empresas que contaron con este tipo de material-base.

Dos disposiciones federales planteadas por la SAGARPA en su oportunidad, ayudaron a avanzar y concretar varias de las acciones propuestas: i) la obligación de constituir los sistema-producto en 2001, y su reglamento, publicado en 2004, y ii) la puesta en marcha del Proyecto Transversal Trópico Húmedo (PTH), en 2009.

Para atender la primera acción fueron estructurados en junio de 2006 –de acuerdo a lo señalado en el artículo 149 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable–, el Consejo Veracruzano de Productores de Piña, AC (COVERPIÑA) y el Comité Veracruzano Sistema-Producto Piña, AC; asimismo, el Comité Sistema Producto Piña de México y el Consejo Nacional de Productores de Piña, AC. Otras organizaciones paralelas se formaron en Oaxaca, Tabasco, Quintana Roo, Nayarit y, recientemente, en Jalisco. Una vez constituidos, la prioridad fue la elaboración de sus planes rectores, mediante un proceso de planeación estratégica participativa, que tuvo como objetivo la identificación de la problemática más relevante que afectaba la competitividad de la Cadena Productiva Piña, desde el punto de vista de sus propios actores, así como la definición de las líneas estratégicas que pudieran contribuir a mejorar dicha competitividad[6].

La segunda, el "Proyecto Transversal Trópico Húmedo" (PTH), después llamado "Programa Estratégico del Trópico Húmedo", y posteriormente definido como programa de "Desarrollo Productivo del Sur-Sureste y Zonas Económicas Especiales", que tiene como objetivos específicos incrementar la superficie cultivable, la producción y calidad, además de impulsar el financiamiento de los cultivos y actividades emblemáticas de las zonas tropicales húmedas y subhúmedas del territorio nacional. Estas intervenciones gubernamentales han sido

[6] Información proveniente de entrevistas con informantes clave, incluida la del Ing. Francisco A. Espinoza Domínguez, exgerente de COVERPIÑA AC.

atendidas en lo posible por organizaciones de productores, productores individuales, empresas exportadoras en fresco y procesadoras de piña, mediante la presentación de proyectos viables, acordes a las reglas de operación. La ejecución de los componentes de cada respectivo proyecto también incluyó el soporte técnico del INIFAP para la transferencia de tecnología, asistencia técnica especializada, capacitación, desarrollo de capacidades y la transversalidad, requeridas para fortalecer la competitividad de los productores.

Sin la intervención de las distintas figuras organizativas, como son el Consejo Veracruzano de Productores de Piña, AC (COVERPIÑA), Consejo Nacional de Productores de Piña AC, Comité Sistema Producto Piña Veracruz, AC, el Comité Nacional Sistema Producto Piña, y otras de apoyo tecnológico, como el INIFAP, los avances y logros alcanzados hasta ahora por muchos productores y empresas piñeras, afiliadas o no a estas organizaciones, no se hubieran alcanzado.

En el Anexo 1, se describe el proceso anterior y se dan detalles de algunas de las acciones organizativas realizadas por los principales actores involucrados en el cultivo de la piña en México. Aunque en el referido testimonio el autor no especifica información sobre los graves y persistentes problemas internos y externos de la organización, éstos resultaron muy evidentes: i) apatía y falta de colaboración de muchos miembros de la propia organización, los cuales a pesar de los beneficios recibidos se rehusaron a cumplir con las obligaciones básicas que adquirieron al ser socios, por ejemplo, el pago de una cuota mínima para el mantenimiento del aparato administrativo que gestionaba –para ellos– los apoyos solicitados; ii) apatía y falta de participación de varios productores, medianos y grandes, así como empresas piñeras que se mantuvieron fuera de la organización, quizás por desconfianza a la misma, ya que nunca apoyaron su creación y consolidación ni aportaron recurso alguno durante la gestión y operación de apoyos gubernamentales en los que intervino la organización, no obstante fueron beneficiados por estos programas, incluso, en cantidades mayores que los que la propia organización recibió en su conjunto, y iii) la corrupción, la cual resultó –tanto para los directivos, gestores y productores– prácticamente imposible de evitar durante todo este proceso, al enfrentarse a un sistema administrativo federal y estatal con graves deficiencias y exceso de trámites.

Sin duda, los períodos de 2002 a 2008 y de 2010 a 2013 pueden calificarse también como trascendentales en la historia del cultivo de la piña en México, por los hechos ocurridos. El primero, por el desarrollo y consolidación de las organizaciones de productores más representativas y efectivas por sus capacidad de gestión ante las autoridades, tanto a nivel nacional como estatales; el segundo, por los apoyos federales y estatales para el impulso de tecnologías de avanzada e innovadoras, generadas o adaptadas por el INIFAP, para las regiones piñeras de México, que lograron un incremento de la producción en campo, reducción de la incertidumbre financiera de la inversión, mejora en la inocuidad del producto y un aumento progresivo en las exportaciones de fruta fresca del clon MD2 y, en parte, de otros productos de la agroindustria piñera.

De esta manera, después de un agresivo y exitoso programa de promoción y apoyos intensivos, enfocados a productores y a empresas interesadas en el cultivo de piña para el mercado fresco de exportación, realizado por la SAGARPA (Programa de Competitividad por Ramas de Producción a partir de 2006 y del Proyecto Trópico Húmedo de 2009 en adelante), para la reconversión a piña MD2 y el fomento de la exportación de piña mexicana en fresco, las opciones de comercialización para los productores piñeros nacionales se diversificaron y mejoraron significativamente. Con apoyos gubernamentales, se logró: i) adquirir y distribuir entre productores interesados, 3.5 millones de hijuelos de este nuevo híbrido de piña; ii) validar y promover el uso de las tecnologías del INIFAP, denominadas “Tratamiento presiembra para mejorar la fertilidad de Cambisoles dístricos cultivados con piña” y “Producción intensiva de piña en ambiente protegido”; iii) obtener apoyos para el establecimiento de plantaciones de piña dedicadas a la exportación en fresco y para la adquisición de acolchado plástico, malla-sombra y equipo especializado, como los aspersores de alto volumen; iv) instrumentar el programa “Agencia de Gestión de la Innovación para el Desarrollo de Proveedores para piña variedad MD2” (AGI-DP); v) la realización de más de 200 eventos demostrativos y de capacitación sobre varios componentes tecnológicos y los procesos de empaque, y vi) la promoción y el apoyo para los procesos de certificación en campo y empaque; además de otras actividades complementarias.

En el planteamiento, desarrollo y ejecución de prácticamente todas la iniciativas, participó el binomio conformado por el Consejo Veracruzano de

Productores de Piña AC (COVERPIÑA) y el Grupo de Investigación en Piña-INIFAP (GIP-INIFAP). Asimismo, el CIESTAAM de la Universidad Autónoma Chapingo participó en la implementación del modelo AGI-DP, a partir del cual se generó un diagnóstico y una estrategia de intervención para fortalecer la producción de piña con pequeños y medianos productores.

En general, la reconversión de piña Cayena Lisa al nuevo híbrido en México, se ha caracterizado por ser un proceso paulatino con varias intervenciones gubernamentales, pero con la decidida convicción y respuesta positiva de los productores-exportadores.

5. Situación de la producción de piña en México

5.1 Regiones productoras de piña

México ocupa entre el séptimo y el décimo lugar a escala mundial en producción de piña, con alrededor de 20 mil hectáreas sembradas por año, correspondientes a un millón de toneladas de fruta cosechada, y un rendimiento promedio de entre 45 y 55 t/ha.

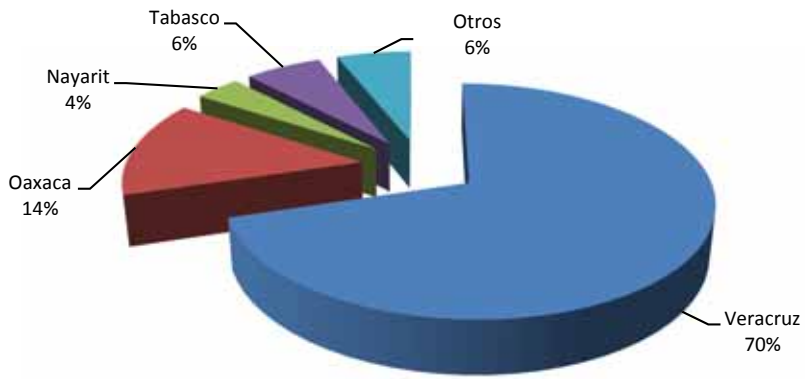
La producción de piña en el país se ha caracterizado por una evidente concentración territorial, no sólo en algunos estados sino además en una región específica, el Bajo Papaloapan, la cual se ubica entre el centro-sur del estado de Veracruz y el norte de Oaxaca. En dicha zona se encuentran los principales municipios piñeros del país que, si bien políticamente pertenecen a estados diferentes, muestran gran similitud de factores climatológicos, topográficos e hidrológicos y, sobre todo, una relativa homogeneidad en aspectos relacionados con las modalidades de cultivo, producción y comercialización.

La región productora del Bajo Papaloapan comprende nueve municipios como los principales productores de piña: Isla, Juan Rodríguez Clara, José Azuela, Chacaltianguis, Medellín, Alvarado y Tlalixcoyan, todos en el estado de Veracruz, mientras que en Oaxaca son los municipios Loma Bonita y Tuxtepec. En la región de La Chontalpa, Tabasco, segunda en importancia, destacan los municipios de

Huimanguillo y Cárdenas, con condiciones muy parecidas a las del Bajo Papaloapan.

El principal estado productor es Veracruz, que en el año 2013 concentró alrededor del 70 % de la producción, seguido de Oaxaca, Tabasco y Nayarit (Figura 15).

Figura 15.
Participación estatal en la producción de piña (2013)



Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP (2017).

La producción de piña que en México se desarrolla bajo temporal es de entre 80 y 85 %, mientras que el restante 15 a 20 % recibe riegos de auxilio, principalmente aspersión por medio de cañones. Para 2017 se considera que fueron 20 mil hectáreas las cosechadas, pero 5 mil son de segundas y terceras cosechas (3500 de socas y 1500 de resocas) o bien de nuevas plantillas, pero sembradas en el mismo acolchado plástico de ciclos anteriores, donde sin necesidad de volver a preparar el terreno con maquinaria y equipo, solo se retiraron las plantas viejas y se volvieron a sembrar nuevos vástagos en el mismo lote. Esta novedosa práctica permite a los productores lograr una segunda cosecha (soca), y en ocasiones una tercera cosecha (resoca). En efecto, con el uso de las tecnologías más avanzadas propuestas por el INIFAP, se logra más fácilmente que muchas plantaciones con manejo en Ambiente Protegido, lleguen al final de su primer ciclo de cosecha en un

estado nutrimental y fitosanitario muy satisfactorio, suficiente para lograr al menos otro nuevo ciclo productivo.

Este logro tecnológico implica un mayor uso en tiempo del acolchado plástico y menores tasas de erosión del suelo al lograr quizás hasta 5 o 6 ciclos/cosechas con el mismo acolchado, sin tener que exponer y perturbar el suelo en ese periodo, y manejarlo como si fuera piña en *Labranza Cero*. Esto es parte del objetivo de la Tecnología de Ambiente Protegido, sin embargo, para lograrlo se requiere utilizar excelentes agro-plásticos para el acolchado total de las melgas de siembra y darles un adecuado uso y cuidados para prolongar al máximo su vida útil.

Ante estas nuevas condiciones de manejo del cultivo de piña en México, para la determinación de estadísticas de superficie, producción y rendimiento, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones: i) Debido a que el ciclo siembra de vástagos-cosecha del fruto puede ocurrir entre los 12 y 18 meses, según tecnología utilizada, la producción que se cosecha en el transcurso de un solo año (2017, por ejemplo), deberá considerarse como *volumen de fruta de piña en fresco cosechada en México en 2017* (miles de t/2017); ii) Sin embargo, esta producción corresponde realmente a siembras hechas el año anterior (2016) y algunas realizadas 1.5 años antes (2015 e incluso, parte de 2014), por lo que todas esas hectáreas deben considerarse como *superficie de piña sembrada en 2016* (miles de ha/2016); iii) Con esa misma lógica se debe considerar como s*uperficie de piña sembrada en México en 2017* (miles de ha/2017), las hectáreas de plantillas establecidas durante ese lapso, así como las que se dejarán y se manejarán como socas y resocas, incluso algunas nuevas hechas sobre el mismo acolchado plástico, ya usado, de ciclos anteriores; iv) Por lo tanto, el *rendimiento promedio de piña en México para 2017* (t/ha-2017), deberá ser el obtenido entre la *producción de piña en 2017* y dividido entre la *superficie cosechada en 2017,* o bien, *entre la superficie sembrada en 2016*. Hacerlo de otra manera resultará en una posible sub o sobrestimación de la superficie anual y, con ello, una distorsión de las demás variables mencionadas.

Por otra parte, Uriza-Ávila, Rebolledo-Martínez, & Rebolledo-Martínez (2005) señalan que en otras áreas del país, la producción de piña se encuentra más restringida por condiciones agroecológicas, tales como clima, suelo, disponibilidad de agua, temperatura, fotoperíodo, entre otras, o bien por otras relacionadas con la mano de obra (altos costos, baja disponibilidad o falta de especialización),

infraestructura y la disponibilidad de servicios especializados, como falta de insumos, maquinaria y equipo, talleres, asesorías, laboratorios, entre otros.

Como se señaló, la principal zona de producción de piña es la región Bajo Papaloapan, la cual se caracteriza por su sistema de producción convencional en monocultivo, intensivo en el uso de insumos y variedades mejoradas. No obstante, en la vertiente del Pacífico, concretamente en los estados de Nayarit y Jalisco, la piña se cultiva bajo dos modalidades (sistema de producción convencional y sistema agroforestal o de agrobosque), así como en zonas geográficas bien diferenciadas. En el caso de Nayarit, al menos el 66 % (950 ha) de la superficie de piña se maneja bajo el sistema de agrobosque, el cual se desarrolla en la región norte, principalmente en los municipios de Ruíz, Santiago Ixcuintla y del Nayar. En Jalisco la producción de piña también esta diferenciada; en la costa norte se emplea el manejo convencional a pleno sol, mientras que en la costa sur se desarrolla el sistema de agrobosque (Rosales, Cuevas, Gliessman, Benz, & Cevallos, 2016). Otras pequeñas áreas donde hay producción de piña bajo el esquema de agrobosque se ubican en la península de Yucatán, en el norte de Veracruz y en el sur de Tamaulipas. Se estima que alrededor del 6 % de la producción nacional de piña, entre 50 y 70 mil toneladas, corresponden a la denominada “piña de montaña” o “de agrobosque”.

La producción de piña bajo el sistema de agrobosque, desarrollada en la vertiente del Pacífico, se define por varios elementos, entre los que destacan: i) los agricultores utilizan la variedad conocida como “Criolla” o “de Castilla” del complejo Española Roja; ii) el cultivo se desarrolla en un sistema de producción agroforestal extensivo, cultivado bajo sombra arbórea natural, donde la mayoría de las especies son nativas de los ecosistemas naturales regionales, y otras domesticadas que fueron incorporadas al sistema para la obtención de frutos que se consumen y venden en los mercados locales y regionales, y en condiciones de temporal; iii) por el esquema de manejo, el suelo no se remueve; iv) las densidades de plantación son bajas y la utilización de insumos externos es mínima, esto último le confiere la distinción de producto orgánico, aunque no toda puede ser calificada como tal; v) a medida que se desarrolla el cultivo y las plantas tienen reproducción clonal, se forman manchones de rosetas alrededor de la planta progenitora, con lo cual se pierde el diseño inicial, alcanzando densidades de 8 mil a 25 mil plantas adultas por hectárea; esta forma de reproducción vegetativa permite que la plantación se

realice una sola vez y se perpetúe por décadas, sin la necesidad de hacer siembras continuas, como sucede cada dos años con el cultivo convencional de piña (a suelo desnudo y a pleno sol). En general, el manejo de piña en este esquema de producción es rústico y con una fuerte aplicación de conocimientos y tecnologías locales. Los rendimientos que se obtienen son bajos, menos de 10 toneladas por hectárea por año. Por otro lado, las áreas donde se cultiva se caracterizan por su alta pedregosidad y pendientes de entre 10 y 25 %; algunas veces hasta de 45 % (Ríos & Osuna, 2005; Rosales et al., 2016; Rosales, Cuevas, Gliessman, & Benz, 2014).

Si bien no se cuenta con datos oficiales sobre la superficie que se cultiva bajo este sistema en México, se estima que de manera permanente son alrededor de 1,000 hectáreas, que representan el 5 % de la superficie y de la fruta que se cosecha anualmente en el país. De este modo, la relevancia de estas regiones productoras, más allá del aspecto económico y comercial, radica en aspectos tales como la promoción de la conservación, aparte de preservar y manejar una complejidad de microhábitats que fomentan la interacción entre especies vegetales y animales, muchas veces similares a los ecosistemas naturales, además de ser considerados como áreas de importancia en la provisión de servicios ecosistémicos (Rice & Greenberg, 2000; Kehlenbeck et al., 2007; Nair et al., 2009; Ávalos-Sartorio & Blackman, 2010 citados por Rosales et al., 2014).

5.2 Cultivares comerciales

Hasta antes de la introducción comercial del híbrido MD2, la variedad dominante en México era piña Cayena Lisa. Sin embargo, el ascenso de Costa Rica con la piña MD2, a través de la participación de empresas transnacionales, reconfiguró la estructura del mercado de piña, obligando a los países productores a participar en un mercado que en cuestión de pocos años posicionó a este híbrido como fruta predilecta de los consumidores. Esta situación obligó a México a introducir este genotipo y poner en marcha la reconversión varietal, por lo que las regiones productoras de piña en México prácticamente basan su producción en dos genotipos: la variedad Cayena Lisa y el híbrido MD2. Actualmente, el 30 % de la superficie sembrada corresponde a la variedad MD2, mientras que el 60 % a la variedad Cayena, el 4 % a las piñas criollas (4 %), menos del 1 % a Champaka y menos del 0.005 % a las piñas ornamentales.

De este modo, la producción para el mercado nacional se basa en la variedad Cayena Lisa, ya que aparentemente el consumidor nacional prefiere frutos de gran tamaño y jugosos. Sin embargo, en mercados regionales donde se comercializa MD2 a través de supermercados, la fruta ha tenido buena aceptación para el consumo en fresco (Rebolledo et al., 2011). A pesar de la preferencia de Cayena Lisa, en los últimos diez años se ha hecho cada vez más evidente la preferencia de frutos de tamaño mediano e, incluso, chicos, en lugar de frutos grandes, lo cual puede ser resultado de la reducción en el número de integrantes de la familia promedio en México. Esto también se ha notado en los mercados regionales donde se comercializa MD2, ya sea a través de supermercados o mercados convencionales donde la fruta ha tenido buena aceptación para el consumo en fresco. Esta tendencia comercial habrá que tomarla en cuenta para satisfacer adecuadamente la demanda interna.

En la última década, el híbrido MD2 ha cobrado gran importancia para el mercado de exportación y el consumo en supermercados por su menor tamaño y mayor grado de dulzura con respecto a la variedad Cayena Lisa. Gough y Fold (2010) indican que MD2 se considera como la variedad que está mejor adaptada a las preferencias del consumidor en términos de sabor (dulce), color (amarillo oro), forma (cilíndrica-redondeada) y de un tamaño adecuado para la familia, por lo que no hay necesidad de almacenar lo restante de la fruta. A lo anterior, se le puede agregar un menor contenido de fibra gruesa y 50 % menos rafidios que escaldan al paladar, lo que aumenta su palatabilidad según Ascanio (2013).

A diferencia de lo ocurrido en Costa Rica (país con alta especialización en la exportación, pues en el año 2015 el 79 % de la produción nacional se exportó en fresco), la adopción de MD2 por los agricultores mexicanos ha sido un proceso lento, ya que incluso después de 20 años de la introducción de este híbrido en el mercado internacional, únicamente el 30 % de la producción de México corresponde a este clon. Este resultado no tiene que ver con la falta de visión de los productores, empresarios y autoridades gubernamentales mexicanas; tampoco es el caso de otros países piñeros que no fueron seleccionados por “Del Monte” (en su oportunidad) para ser sede mundial de la producción comercial de MD2, al menos durante los primeros años de su aprovechamiento, mientras esta empresa evitó su propagación al alegar los derechos de propiedad sobre este híbrido.

La razón de que Costa Rica haya sido elegido como productor de piña MD2 está relacionada con la existencia de leyes y condiciones laborales favorables, la cuales fueron aprovechadas por las empresas transnacionales de EUA para desarrollar acuerdos comerciales con este país, no sólo para piña, sino también para el establecimiento de otros productos agrícolas de interés norteamericano, como el plátano.

Finalmente, la reconversión de la variedad Cayena Lisa a MD2 en el resto de países interesados en su cultivo, se dio de manera progresiva una vez que el genotipo fue liberado, en el año 2003, después de que la solicitud de patente de "Del Monte" no procedió, y cuando se produjo material vegetativo excedente en las fincas con plantaciones de piña MD2, que lo empezaron a comercializar. Hubo incluso varios casos, documentados o no, de lotes de incremento, producto del robo de vástagos, otros de material residual de muy baja calidad fitosanitaria exportados a países sin el mayor control de ellos y, finalmente, hasta intentos de multiplicarlos vía *in vitro*, a pesar de que este recurso técnico no había demostrado su fidelidad genética en el proceso de propagación masiva de materiales genéticos de piña, por su alta tasa de variación somaclonal, tanta que ni siquiera "Del Monte" lo utilizó para MD2.

A diferencia de Costa Rica (5 millones de habitantes), donde alrededor del 80 % de la producción de piña se exporta en fresco, en México (120 millones de habitantes), el 95 % se comercializa localmente, siendo Cayena Lisa la variedad preferida por los clientes locales. No obstante, las características sensoriales, el tamaño y la forma del fruto hacen previsible una tendencia creciente hacia el cada vez mayor consumo del híbrido MD2. Esta tendencia puede crecer en mayor medida si las empresas productoras de piña que cosechan y comercializan los frutos de este híbrido, lo hacen con niveles de maduración mayores, y no tan bajos como los que requiere la exportación en fresco, los cuales son muy diferentes a los de países que obligadamente importan frutas por no ser productores. Los frutos cosechados con niveles de maduración bajos, como si fueran para el mercado norteamericano, son comercializados en las cadenas de supermercados (tipo Sam´s, Aurrera, Walmart, Soriana y demás). Desafortunadamente, estas grandes cadenas de tiendas así los prefieren para tener mayor margen de movilización y tiempo de venta del producto. Esta piña en su mayor parte es la que, por algún defecto, no pasa los requisitos de exportación y se queda en el país y es aprovechada para surtir ese tipo de establecimientos, debidamente empacada en cajas y etiquetada, pero con un

grado de madurez y sabor muy diferente al que se logra cuando la piña se cosecha en un punto de madurez adecuado, de acuerdo a los gustos de los connacionales por esta fruta.

5.3 Red de abasto y comercialización de piña

La piña producida en México se destina para el consumo en fresco (nacional y de exportación) o para la industrialización como jugo o en conservas. Con base a información recabada con productores, proveedores de insumos y funcionarios de varias dependencias federales, estatales y regionales, además de productores y técnicos, se sabe que actualmente se produce un millón de toneladas de fruta fresca al año, de las cuales alrededor de 700 mil toneladas (70 %) se destinan al mercado fresco nacional, 200 mil toneladas (20 %) a la industria procesadora y 100 mil toneladas (10 %) al mercado fresco de exportación, principalmente EUA. Este considerable mayor porcentaje de fruta exportada confirma el significativo repunte de esta actividad, después de casi 20 años de haber introducido el híbrido MD2, logro adjudicado al conjunto de acciones realizadas entre el sector investigación, organizativo y gubernamental del Sistema-Producto Piña de México. Asimismo, se estima que el valor medio rural de la cosecha es de US$200 millones anuales, a los que habría que agregar ingresos adicionales por otros US$50 millones que, por valor agregado, generan las grandes agroindustrias procesadoras (seis a ocho) y las mayores empresas exportadoras en fresco, que actualmente operan con piña, en México.

La piña es comercializada por el productor bajo diferentes canales y condiciones de pago, de acuerdo a su destino (ya sea inicial, intermedio o final), genotipo o clon (Cayena Lisa y MD2) y a la capacidad de negociación del productor ofertante (calidad, volúmenes y constancia de abasto a los mercados). También tiene influencia el prestigio y constancia del productor en cuanto lograr siempre o muy frecuentemente los tamaños y la calidad de la fruta requeridos por los diferentes mercados, además del cumplimiento de las certificaciones de inocuidad, esto último fundamentalmente con la fruta de exportación en fresco.

La piña MD2 tiene como propósito principal abastecer mercados de exportación, principalmente de EUA y, después, a mercados especializados como son las tiendas de autoservicio nacionales (Sam´s Club, Aurrera, Walmart, Chedraui, Soriana, entre otras). Estos dos mercados son abastecidos por las empresas empacadoras de fruta en fresco, las cuales captan la producción de los agricultores

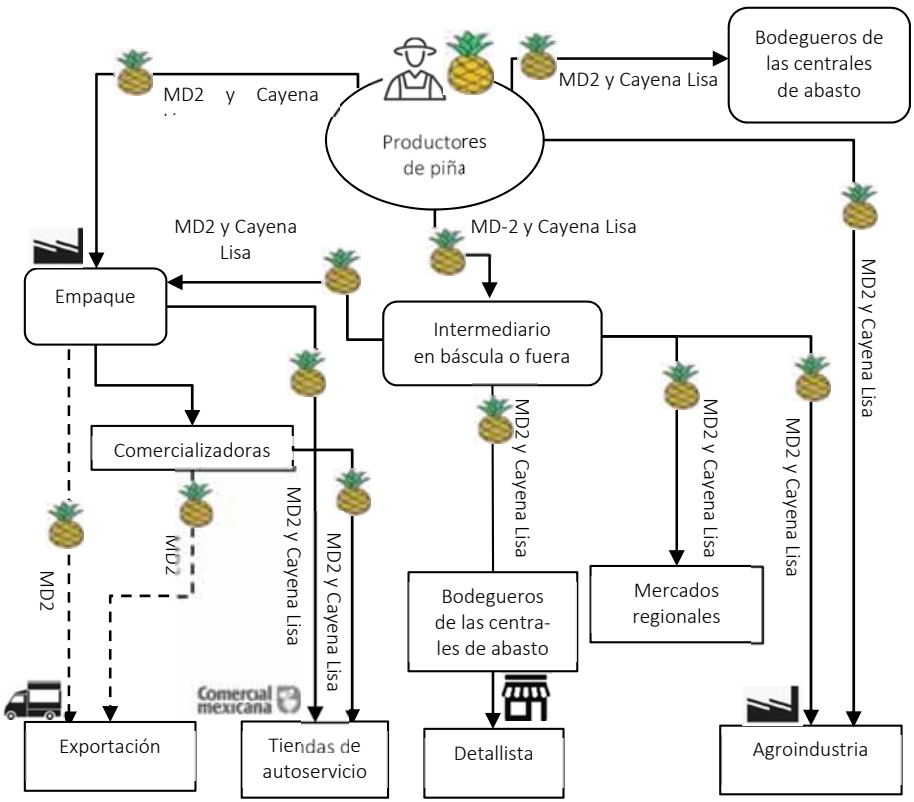
socios, y en menor medida llegan a acopiar fruta de proveedores externos, que bien pueden ser productores de piña o intermediarios. Es importante señalar que el 100 % de la fruta destinada para exportación es la variedad MD2. La piña fresca, cuyo destino es EUA, se envía principalmente a través de las agroempresas empacadoras, las cuales hacen envíos directos o tienen alianzas con empresas comercializadoras, sean nacionales o estadounidenses. Con respecto a las tiendas de autoservicio, en el mercado nacional, la mayoría de la fruta solicitada es el híbrido MD2; sin embargo, en algunos casos se llega a solicitar piña Cayena Lisa en un porcentaje no mayor al 5 % del total. Este canal de comercialización es abastecido por grandes y medianos agricultores, quienes en su mayoría poseen plantaciones con piña MD2. Muchos de estos agricultores se caracterizan por incorporar prácticas y tecnologías actuales, para satisfacer adecuadamente al mercado de exportación y así poder integrarse con la suficiente capacidad y oportunidad a ese nicho de mercado más especializado.

Aun en plantaciones especializadas en fruta fresca de exportación, según su manejo en campo, sólo entre el 50 y 80 % de la cosecha cumple con los requisitos exigidos por los empaques en cuanto a su tamaño, forma y calidad, por las difíciles condiciones agroecológicas que prevalecen en las regiones piñeras, algunas todavía sin una solución técnica viable y probada para solventarlas de manera práctica. Los principales motivos del rechazo son: i) frutas muy grandes (mayores a 2.5 kg) o muy chicas (menores a 1.5 kg) a los tamaños exportables; ii) problemas en su forma y proporción entre fruta y corona; iii) daños externos visibles, como golpes, rasgaduras, presencia de goma, decoloraciones y quemaduras por sol; iv) exceso de madurez interna o externa; v) presencia de plaguicidas no autorizados, entre otros. Por ello, las empresas propietarias de los empaques, productores socios y proveedores externos, orientan esta parte de su producción a otros canales de comercialización, como: i) venta directa a distribuidores mayoristas ubicados en las centrales de abasto; ii) venta directa a las empresas agroindustriales, y iii) venta a intermediarios a través del sitio conocido como “báscula-tianguis”.

A diferencia de la piña MD2, producida fundamentalmente por grandes y medianos productores integrados a una estructura formal de comercialización, la piña Cayena Lisa es ahora producida principalmente por pequeños agricultores, y comercializada a través de un sistema tradicional en el que no hay un vínculo formal entre éstos y los compradores, por lo que la relación se establece a través de intermediarios. Son los intermediarios quienes captan la fruta de los pequeños

productores por medio de la báscula-tianguis (una especie de “Wall Street piñero”), donde llegan a ofrecer su fruta y establecen acuerdos de comercialización informales con los intermediarios. Así, la báscula-tianguis es el sitio físico a través del cual los intermediarios captan fruta principalmente de la variedad Cayena Lisa, la cual se orienta primordialmente hacia las centrales de abasto para consumo interno en fresco. Este sitio juega un papel muy importante en la comercialización, pues es aquí donde se concentra la mayoría de los intermediarios que acopian la piña para mercado nacional.

Figura 16.
Red de abasto y comercialización de piña



Fuente: Elaboración propia.

La piña ofertada en la báscula-tianguis tiene dos modalidades: i) fruta ofertada sin presencia del producto, es decir, sin tener la fruta ya cosechada y presente físicamente en el lugar, sino que aun está en campo sin haber sido desprendida de la planta, y ii) fruta ofertada con presencia del producto, lo que significa que es fruta ya cosechada en campo y trasladada físicamente a ese punto de comercialización, para su venta. La primera ocurre durante la madrugada cuando agricultores e intermediarios acuden a la báscula-tianguis y únicamente hacen negociaciones sobre las condiciones de compra y venta; si las condiciones (precio y la calidad de la fruta en transacción), después de una revisión física de la fruta en el lote a cosechar, convienen a ambos, el intermediario inicia con las actividades para la cosecha de la fruta. La segunda modalidad consiste en ofertar la piña de manera física y este tipo de venta es resultado de la fruta restante que queda en campo una vez que se ha realizado la primera cosecha; la fruta exhibida puede ser destinada para completar la carga de algún camión con destino a alguna central de abasto cuyo actor enlace es el intermediario, o bien para abastecer a pequeños negocios regionales como mercados sobre ruedas, juguerías artesanales o fruterías, en estos casos las personas incluidas en el negocio son quienes acuden a la báscula-tianguis para la compra de la fruta.

Los canales de comercialización descritos en el caso de la piña Cayena, a diferencia de la MD2 manejada en cajas de cartón de 25 libras (unos 11.4 kg), se caracterizan por el transporte y manejo a granel. Es importante señalar que un porcentaje mínimo de piña MD2 que no cumple con los estándares de calidad para el mercado de exportación y que tampoco es enviada al mercado nacional a través de las tiendas de autoservicio, es canalizada a la báscula-tianguis. A este sitio también acude la agroindustria para abastecer parte de sus necesidades de fruta para la elaboración de conservas, jugo concentrado y jugo natural. En algunos casos las industrias producen su propia materia prima, y también tienen acuerdos con productores para la compra de la fruta. La fruta que se utiliza para la agroindustria conservera es la piña Cayena Lisa que por sus caracteristicas es la más adecuada para este proceso. La piña acopiada por las agroindustrias es aquella que generalmente por sus características no puede ser destinada para el mercado en fresco, teniendo como única alternativa su industrialización, ya sea para jugo o conserva. Incluso en los últimos 4 años (2013-17), la piña Cayena, aun con

excelentes propiedades para ser destinada al mercado en fresco, fue canalizada para hacer rebanadas. No obstante, las importaciones masivas de piñas procesadas de Tailandia del último año han reducido la demanda para este fin.

A diferencia de la agroindustria de enlatados que sólo se abastece de piña Cayena Lisa, la agroindustria juguera utiliza también piña MD2; se abastece de la piña que tiene defectos físicos, fruta incluso casi sobremadura y de menor peso que el requerido para el mercado nacional.

Aunque los principales destinos son el consumo en fresco (nacional y de exportación) o la industrialización para obtener jugo o en conservas, muchos de los canales de comercialización disponibles funcionan en estrecha interrelación, casi siempre considerando al productor como la parte que obtendrá el menor porcentaje (menos del 30 %) del valor final de venta de la fruta, obtenido en el mercado correspondiente. El resto se queda en las maniobras de transporte, comisiones a intermediarios menores, comisión a mayorista mayor, ganancia del vendedor directo y otros, que son cargados al productor primario y consumidor final.

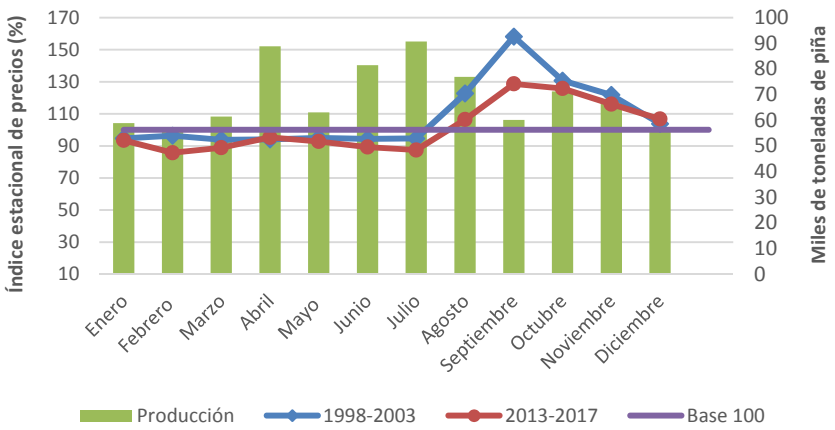
Finalmente, hay que recordar que todos los agricultores, sin excepción (ya sean pequeños, medianos y grandes), en mayor o en menor medida, tienen la necesidad de vender parte de su cosecha o los sobrantes, incluso, a canales no considerados antes por ellos, por lo que las ganancias esperadas con el medio acostumbrado no se obtienen, sobre todo cuando los mercados se saturan.

5.4 Estacionalidad de la producción

La comercialización y los precios de la piña están estrechamente vinculados a la temporalidad de las cosechas (Figura 17), las cuales se concentran de principios de mayo a mediados de agosto, como resultado de las floraciones naturales. Los volúmenes y fechas de brotación son impredecibles, por tanto, es en estos meses donde la fruta alcanza los menores precios. Considerando el índice estacional de precios, se observa que es en los meses de enero a julio (realmente, mediados de agosto) cuando los precios están por debajo del promedio anual, mientras que, de la segunda quincena de agosto a diciembre se dan los más altos, donde destacan los alcanzados entre fines de agosto, septiembre y parte de octubre. En el caso de la agroindustria procesadora, ésta procura adquirir la fruta de piña que va a procesar

a los precios más bajos que sea posible, ya que tiene un tope de precios para operar sin pérdidas. Por tanto, las temporadas de altos volúmenes de producción y precios bajos son una condición importante para su funcionamiento, ya que les es imposible competir con el mercado en fresco cuando los precios son altos.

Figura 17.
Índice de estacionalidad de precios de piña mediana de primera calidad[7]



Fuente: Elaboración propia con datos de SNIIM (2015) y del SIAP (2016).

Si bien en la figura 17 se observa una clara diferencia en la producción entre el período mayo-agosto y el de septiembre-noviembre, actualmente esta diferencia ya no es tan marcada como lo fue antes, pues durante los últimos años, por efecto de la aplicación de la tecnología del INIFAP, llamada de "ambiente protegido", la excesiva producción que ocurría en la primera, y la deficiente producción de fruta en la segunda, han ido disminuyendo de forma progresiva, de tal manera

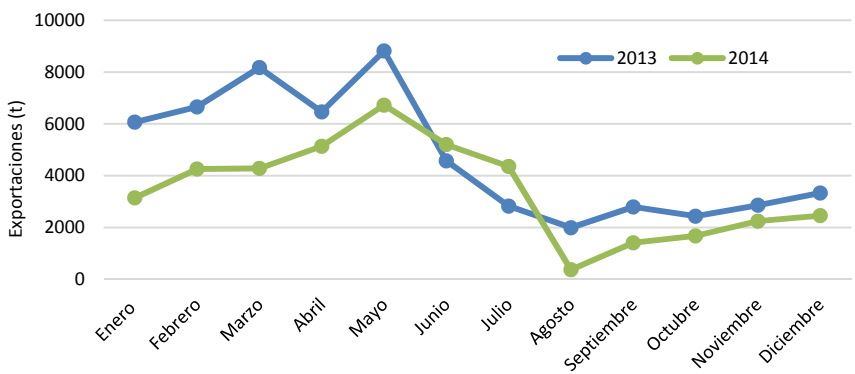
[7] El índice estacional de precios se obtuvo para dos períodos con el método del porcentaje promedio con precios reales calculados a partir de la base 2Q de diciembre de 2010. Los precios utilizados fueron de piña grande originaria de Veracruz vendida al mayoreo en la central de abasto de Iztapalapa. El volumen de producción mensual se obtuvo de las estadísticas del SIAP (2016) en el período de 2000-2015. Los datos no se encontraron disponibles por año.

que ese diferencial es cada vez menor. Esto representa una mejor distribución de las cosechas, lo cual permite evitar la saturación de los mercados en la época de abundancia y mayor disponibilidad de fruta en la época de escasez, con las debidas consecuencias, como mejor estabilización de los precios, mejor abasto de fruta de exportación y menor riesgo de pérdidas en campo, por desplome del precio. Cuando los precios medios rurales están por encima del promedio anual, como ocurre frecuentemente durante los períodos de escasez de oferta y, por tanto, de precios más altos, se provoca que la fruta se destine principalmente al mercado nacional en fresco, dejando en desabasto al mercado de exportación y al de la agroindustria nacional.

5.5 Exportaciones e importaciones

Alrededor de 100 mil t/año se exportaron en 2016 y 2017, lo que representa cerca del 10 % de la producción nacional, de este modo la mayor parte se comercializa en el mercado nacional para consumo en fresco y, en menor cantidad, para la agroindustria. La exportación de piña fresca se realiza principalmente en la época de alta producción, comercializándose los mayores volúmenes en el período de febrero a mayo (Figura 18).

Figura 18.
Exportaciones mensuales de piña mexicana en fresco



Fuente: TRADE-MAP (2015).

El principal destino de exportación de piña fresca mexicana es EUA, país al que se le envía alrededor del 99 % del total de las exportaciones. Otros países que destacan con el porcentaje restante son Reino Unido, Colombia, Canadá, Bélgica y Japón (Cuadro 5).

Cuadro 5.
Destino de las exportaciones de piña fresca mexicana (2013)

País importador	Valor exportado (miles US$)	Toneladas exportadas	Participación en las exportaciones de México (%)
EUA	24,433	56,969	99.95
Otros	49	28	0.05
Total	24,482	56,998	100.00

Fuente: Elaboración propia con datos de TRADE MAP (2015).

Martner (2006) menciona que los embarques de piña procedentes de la región del Bajo Papaloapan y exportados hacia EUA, arriban al estado de Texas por las localidades fronterizas de McAllen, Edinburg, Mission e Hidalgo. También señala que los embarques hacia Europa no han podido consolidarse como una cadena regular de exportación y, por el contrario, han sido pocos.

Durante el período 2000-2012, a pesar de que existieron fluctuaciones en las cantidades exportadas de piña fresca, la tendencia fue positiva, equivalente a una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 7 %. Para el año 2016, las condiciones para la piña de exportación han mejorado sustancialmente; no obstante, faltan muchas acciones enfocadas a lograr: i) tecnologías que permitan una mayor seguridad y uniformidad en la producción y calidad del fruto, durante las diferentes épocas del año; ii) la estandarización y certificación de los procesos en campo y empaque; iii) una mejor imagen de la piña mexicana en el extranjero, por su mayor inocuidad, mejores características organolépticas y más prolongada vida de anaquel, y iv) una mayor organización oficial de la cadena productiva piña (Sistema-Producto Piña), para identificar, gestionar y operar programas de mejoras operativas a los componentes estructurales (eslabones) y lograr beneficios a los productores y empresarios participantes.

En cuanto a las importaciones de piña fresca, en conserva y jugo (natural y concentrado) de esta fruta para el período de 2000 a 2012, las TCMA estimadas para

cada unos de los productos en este período fueron de 11, 13 y 12 % respectivamente, mayores que las exportaciones, lo cual refleja una desventaja competitiva de nuestro país, particularmente para el caso de piña procesada.

Si bien las importaciones de piña en fresco muestran una tasa de crecimiento positiva, el volumen importado es poco significativo con respecto a las exportaciones. Por ejemplo, para el año 2012, el volumen exportado fue 55 veces más que las importaciones. El comportamiento de las importaciones de jugo es diferente, pues por cada tonelada importada se exportaron 1.7 toneladas; más preocupante aún es el caso de la piña en conserva, ya que las importaciones fueron 25 veces mayores que las exportaciones.

Lo anterior indica que el país es altamente dependiente de piña en conserva, lo cual es importante revertir con políticas internas que apoyen a la agroindustria procesadora. Afortunadamente, las exportaciones de jugo de piña han experimentado una TCMA positiva del 6 %, pero es realmente mínima. En contraste, la exportación de piña en conserva para el mismo período presenta un incremento insignificante.

El principal país que provee a México de piña en conserva es Tailandia, seguido de Indonesia, Guatemala, China y EUA (Cuadro 6).

Cuadro 6.
Origen de piña en conserva importada por México (2013)

Exportadores	Cantidad importada (t)	Valor de las importaciones (miles de dólares)	Participación de las importaciones para México (%)
Tailandia	8,616	7,762	53.23
Indonesia	5,949	5,079	36.76
Guatemala	497	629	3.07
China	374	360	2.31
EUA	372	922	2.30
Otros	377	496	2.33
Total	16,185	15,248	100

Fuente: Elaboración propia con datos de TRADE MAP (2015).

La tendencia al incremento de estas importaciones tiene su origen en las desventajas competitivas que México tiene con respecto a otros países productores. Los países del bloque asiático, dedicados a la producción de piña, cuentan con una producción agrícola especializada para la industria que opera en mayor escala y prácticamente todo el año. Aunado a lo anterior, en época de escasez de fruta, la industria procesadora nacional sufre desabasto, pues resulta imposible competir con los precios que paga el mercado fresco interno, lo cual provoca tiempos muertos y fuertes gastos por concepto de costos fijos de operación.

Como puede observarse en el cuadro 7, en los últimos trece años es más desfavorable para México la relación entre exportaciones e importaciones para piña en conserva que para piña fresca y jugo de piña. Con ello, se muestra la pérdida de capacidad competitiva de las empresas agroindustriales.

5.6 Diagnóstico los niveles de innovación en el cultivo de piña

En la actividad piñera (como en muchas otras cadenas productivas) la innovación no ha sido un fenómeno aislado. La transición de la variedad Cayena Lisa al híbrido MD2 ha obligado a la incorporación de diferentes tecnologías y prácticas que responden a dos razones: i) variaciones en el manejo del cultivo, y ii) el mercado destino de exportación, con mayor exigencia en los estándares de calidad, así como en la innocuidad y trazabilidad de la fruta.

En este apartado se analizan los resultados obtenidos de la intervención de una Agencia de Gestión de la Innovación para el Desarrollo de Proveedores (AGI-DP)[8] en la cadena de piña MD2. Esta AGI-DP promovió la adopción de diferentes innovaciones (de proceso, de comercialización y organizativas) entre pequeños y medianos productores de piña, para lograr su transformación a proveedores confiables de fruta MD2, en el período 2011-2012.

[8] El equipo de trabajo de la AGI-DP se integró por: Ing. Jorge Benavidez Ursua (representante legal), M.C. Luis Daniel Uriza Cadenas, Ing. Eduardo Galán Francisco, Ing. Javier Román Reyes, Ing. Encarnación García Eusebio e Ing. Víctor Manuel Cristóbal Regules (técnicos colaboradores).

Cuadro 7.

Exportaciones e importaciones de piña fresca y procesada en México

Año	Piña fresca				Piña en conserva				Jugo de piña			
	Exportaciones		*Importaciones*		*Exportaciones*		*Importaciones*		*Exportaciones*		*Importaciones*	
	t	Miles US$	t	Miles US$	t	Miles US$	t	Miles US$	t	Miles US$	t	Miles US$
2000	24,409	8,297	303	478	852	821	4,474	3,148	2,454	1,467	163	139
2001	34,694	11,134	217	359	545	660	2,609	1,949	1,737	1,292	195	147
2002	24,563	8,472	355	592	156	168	2,174	1,831	1,283	1,000	186	154
2003	20,839	7,953	319	459	141	181	18,588	14,479	1,234	888	700	1,120
2004	33,530	10,759	295	440	116	130	4,723	3,549	2,895	3,252	410	267
2005	33,075	11,004	375	603	214	252	4,447	3,167	1,948	1,547	257	324
2006	25,588	11,610	203	319	279	389	17,245	12,326	1,797	1,317	1,823	3,051
2007	32,256	12,845	192	324	233	291	20,773	16,294	2,871	1,957	1,317	2,114
2008	42,792	17,001	172	301	218	345	20,149	17,185	2,250	1,938	694	1,001
2009	49,359	22,764	167	336	222	378	11,730	9,882	3,773	4,947	336	450
2010	53,648	25,635	368	721	832	1,399	19,806	17,745	3,502	4,533	854	1,938
2011	38,069	17,218	685	1,001	459	858	21,723	21,608	2,150	1,633	1,386	3,927
2012	56,405	23,858	1,019	1,317	795	1,683	19,957	17,986	2,939	2,993	1,742	4,420

Fuente: Elaboración propia con datos de la FAO-FAOSTAT (2014).

Cabe puntualizar que muchas de las innovaciones relacionadas con el manejo del cultivo, planteadas por la AGI-DP, no corresponden a las que se han venido describiendo a lo largo del presente documento, esto se debe a que, en el momento en que se intervino, las tecnologías integradas en el paquete denominado "Tecnología para la producción intensiva de piña en ambiente protegido" aún estaban en proceso de consolidación. Por tanto, muchas de las tecnologías presentadas corresponden a un sistema de producción en suelo desnudo, muy parecido al modelo de producción hawaiano. Aunque no se tiene información sistematizada, es de mencionarse que el equipo facilitador de la AGI-DP también incluyó dentro de sus programas de trabajo, capacitaciones con temas relacionados a las tecnologías de avanzada, tratadas en este libro. Actualmente, aun cuando la AGI-DP ya no opera, los integrantes del equipo facilitador se han mantenido trabajando en la zona en programas de extensión, lo cual es importante para el desarrollo del cultivo de piña.

5.6.1 Gestión de la innovación en la cadena productiva de piña

La gestión de la innovación es la organización y dirección de los recursos tanto humanos como económicos, con el fin de aumentar la creación de nuevos conocimientos, la generación de ideas técnicas que permitan obtener nuevos productos, procesos y servicios o mejorar los ya existentes, y la transferencia de esas mismas ideas a las fases de producción, distribución y uso (ANAIN, 2008). En el país, dicha tarea se ha realizado a través de las AGI-DP, las cuales intervinieron desde el año 2010 en diferentes cadenas agroalimentarias de la región sur-sureste de México. Entre los cultivos que han operado bajo este modelo se encuentra la piña MD2, considerado como un cultivo estratégico en el Programa Trópico Húmedo (PTH) de la SAGARPA.

5.6.2 El modelo AGI-DP

Las Agencias de Gestión de la Innovación para el Desarrollo de Proveedores (AGI-DP) son equipos de profesionales orientados a gestionar la innovación bajo un enfoque de redes. Se integran con base en un proceso de selección de prestadores de servicios profesionales (PSP), considerando elementos tales como su experiencia técnica y organizativa en la cadena, su residencia y reconocimiento a nivel territorial

por actores clave, la capacidad de trabajar en equipo y la solvencia moral (Aguilar, Rendón, Muñoz, Altamirano, & Santoyo, 2011).

Las AGI-DP identifican las innovaciones y actores clave mediante mapeos territoriales de la innovación, focalizando su atención tanto en promover innovaciones relevantes como en el trabajo con estos actores clave para la difusión y estructuración de redes (Aguilar et al., 2011).

5.6.3 La Metodología AGI-DP

La metodología de las AGI-DP involucra cinco etapas básicas: 1) construcción de la línea base; 2) diseño de la estrategia de gestión; 3) sistema de seguimiento; 4) operación; y 5) evaluación (Aguilar et al., 2011):

1. Construcción de la línea base: se refiere a un conjunto de indicadores objetivamente verificables, definidos en conjunto con actores locales que dan cuenta del punto de partida; en esta fase del proceso de gestión de la innovación una de las principales fuentes de información la constituye la Encuesta de Línea Base (ELB) aplicada a productores del cultivo de atención o interés.
2. Diseño de estrategia de gestión: conjunto de actividades estratégicas, tácticas y operativas a realizar con los actores de la cadena, con el propósito de modificar los indicadores de línea base; también se le conoce como Estrategia de Gestión de la Innovación (EGI). La EGI es validada tanto por el grupo técnico de la AGI-DP, como por los productores, agroindustrias y entidades gubernamentales que participan en el programa, entre otros.
3. Sistema de seguimiento: procesos e instrumentos diseñados con el propósito de verificar, constatar y comunicar que las actividades están modificando los indicadores de la línea base. En esta fase es relevante contar con un equipo de profesionales ligados al monitoreo y seguimiento en campo de las actividades a implementar en el proceso de gestión de la innovación.
4. Operación: se refiere a la implementación de la EGI y del sistema de seguimiento, orientado a logros de metas y resultados. Como parte importante de las rutinas establecidas en la operación, por parte de la AGI-DP se tienen: giras de intercambio de experiencias, eventos demostrativos, diseño de parcelas o plantaciones muestra, capacitación en aula y prácticas de campo, entre otras.

5. Evaluación: valoración objetiva del grado de cumplimiento de las actividades, productos y resultados planeados en la EGI, y respaldadas en el sistema de seguimiento. En este apartado se considera como relevante la información generada a partir de la implementación de bitácoras técnico-productivas y la aplicación de una Encuesta de Línea Final (ELF).

5.6.4 Análisis de la innovación en piña

En colaboración con la AGI-DP de piña, que estuvo operando en el estado de Veracruz en el año 2011 y 2012, se realizó un catálogo de innovaciones referentes a prácticas técnicas ampliamente validadas en la región en ese momento para los pequeños productores que se iniciaban en la producción de piña MD2. Por otro lado, también se incorporaron innovaciones relacionadas con la organización de los productores y la administración de las unidades de producción. Todas las innovaciones formaron parte del diseño de una estrategia de intervención para pequeños y medianos productores de piña para lograr su transformación a proveedores confiables de fruta MD2 (Cuadro 8). Cabe precisar que los componentes tecnológicos del manejo en ambiente protegido, como acolchado plástico total, riego, malla-sombra, entre otros, no fueron considerados por estar en fase inicial de difusión. No obstante, dichos componente tecnológicos fueron exitosamente promovidos por las AGI-DP aunque no estuvieran explícitamente señalados en el catálogo del cuadro 8, esto debido al interés de los productores y técnicos en estas tecnologías novedosas en el momento.

A partir de las 29 innovaciones, agrupadas en ocho categorías, se realizó un diagnóstico a través de una Encuesta de Línea Base, para conocer el nivel de innovación de los productores y obtener información necesaria para planear la Estrategia de Gestión de la Innovación (EGI). Posterior a la implementación de la EGI, y al final de la intervención de la AGI-DP, se realizó una segunda encuesta denominada Encuesta de Línea Final, con el fin de medir los impactos alcanzados en la adopción de innovaciones entre los productores.

Cuadro 8.
Catálogo de innovaciones en plantaciones de piña por categoría

Categoría	Innovación
Nutrición	a.01. Uso de análisis foliar y de suelo para la determinación de dosis de fertilización
	a.02. Aplicación de fertilizantes al suelo en dos o más aplicaciones
Sanidad	b.03. Monitoreo de plagas y enfermedades
	b.05. Calibración de equipo de aplicación
	b.06. Umbrales para control de plagas
	b.07. Controla plagas y enfermedades
Manejo Sostenible de los recursos	c.08. Incorporación de arvenses y residuos al suelo
	c.09. Recolecta de envases de agroquímicos para su depósito y/o destrucción
	c.10. Control biológico de plagas y enfermedades
	c.11. Producción y/o uso de abonos orgánicos
	c.12. Estrategias de conservación del suelo (coberteras, barreras, entre otras)
Establecimiento y manejo de la plantación	d.13. Cultivos intercalados
	d.14. Aplicación de estimulantes con base a un plan de producción
Administración	e.15. Calendario de actividades
	e.16. Registra las prácticas efectuadas (fecha, insumos, práctica)
	e.17. Registra los ingresos y egresos
	e.18. Contrata asistencia técnica
Organización	f.19. Compras consolidadas
	f.20. Ventas consolidadas
	f.21. Contratación de servicios (asesoría, financieros, entre otros) de manera grupal
	f.22. Pertenece a organización económica funcionando
	f.23. Cuenta con esquema de articulación con la agroindustria de manera grupal
Cosecha	g.24. Cosecha por criterios de madurez
	g.25. Cosecha por criterios de calidad
	g.26. Cosecha programada
	g.27. Utiliza la herramienta adecuada para cosechar
Reproducción y mejoramiento genético	h.28. Uso de variedades mejoradas/validadas en la unidad de producción
	h.29. Identificación de plantas superiores (rendimiento, resistencia) en la plantación
	h.30. Establecimiento de viveros/bancos de germoplasma

Con la información documentada se obtuvieron los siguientes indicadores que dan una idea del estado inicial y final del nivel de innovación entre los productores de piña:

a) Índice de adopción de innovaciones (InAI). Este indicador se utiliza para medir el nivel de innovación de cada productor o empresa rural (ER), y se calcula con base en los aportes de Muñoz et al. (2007). Este índice toma valores que van de 0 a 1, donde cero indica un nivel de adopción nulo y el uno el nivel más

innovador que puede adoptar un productor. Se calcula por categoría de innovación, y al final se obtiene un promedio de todas las categorías, llamadas InAI general o global.

b) Tasa de adopción de innovaciones. Expresa el porcentaje de productores adoptantes de cada innovación contenida en un listado del catálogo de innovaciones. Puede tomar valor de 0 a 100 %.

c) Brecha de adopción de innovaciones. Se define como la diferencia que existe entre ER con mayor InAI y la ER con menor InAI.

5.6.5 Características de los productores de piña

La decisión de adoptar una determinada innovación está relacionada con diferentes factores como son el perfil del productor, el tamaño de la unidad de producción, la edad productiva de la misma, y variables institucionales como apoyos, acceso a crédito, entre otros; por tanto, esta información es necesaria para conocer a los individuos con los cuales se trabajará para promover, adoptar e incrementar los niveles de innovación.

En el caso de las unidades de producción de piña, los agricultores tienen una edad promedio de 46 años. En cuanto a la experiencia de los productores, en promedio tienen 11 años trabajando en el cultivo de piña (Cuadro 9). Por último, la actividad piñera es una actividad predominantemente realizada por hombres, donde sólo el 15 % de los productores son mujeres.

Cuadro 9.
Perfil de los productores de piña en el estado de Veracruz

Estadísticos	Edad (años)	Escolaridad (años)	Experiencia (años)
Media	46	8	11
Desviación Estándar	11	4	7

Edad: edad del productor; Escolaridad: escolaridad efectiva del productor; Experiencia: Experiencia en la actividad.
Fuente: Elaboración propia con datos de la ELB Nodo proveedores, 2011, información proveniente de 101 productores.

La superficie promedio con el híbrido MD2 es de 4 hectáreas, con una densidad promedio de 35,000 plantas por hectárea (Cuadro 10). Asimismo, cabe

señalar que los 101 productores, pequeños y medianos, seleccionados para este estudio de la AGI-DP, además de producir piña MD2, también destinan parte de su superficie a Cayena Lisa, variedad principal que desde sus inicios fue utilizada para abastecer al mercado nacional y mínimamente el de exportación, cuando esta variedad era todavía solicitada.

Cuadro 10.
Perfil de las unidades de producción de piña en el estado de Veracruz

Estadísticos	Superficie MD2 (ha)	Densidad de plantación MD2 (plantas/ha)	Superficie Cayena Lisa (ha)
Promedio	4	34,416	4
Desviación estándar	8	4,005	5

Fuente: Elaboración propia con datos de la ELB Nodo proveedores, 2011, información proveniente de 101 productores.

5.6.6 Indicadores de innovación en las plantaciones de piña

A continuación, se muestran los resultados con la intervención de la AGI-DP en cuanto a sus niveles de innovación.

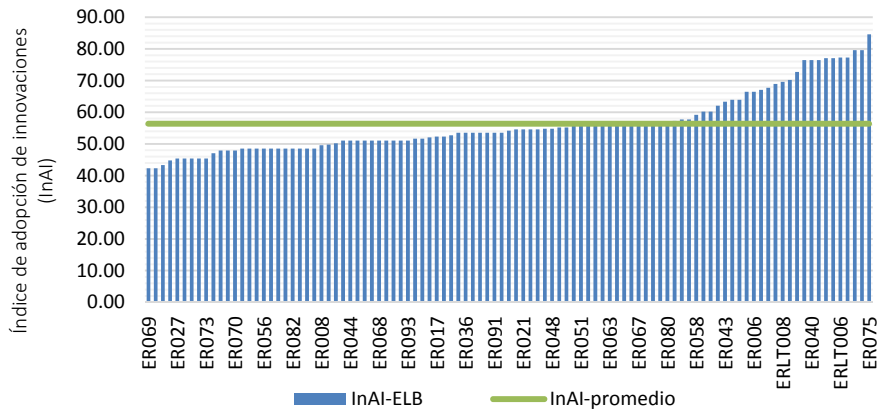
a) Índice de adopción de innovaciones

El nivel de adopción de innovaciones obtenido en la Encuesta Línea Base (ELB) y medido a través del InAI fue de 0.56, es decir que, el 56 % de las innovaciones contenidas en cada categoría son adoptadas por los productores. La brecha de adopción va de 0.42 a 0.84 (Figura 19), lo cual indica que si bien las innovaciones planteadas en cada categoría no son adoptadas por el productor al 100 %, hay evidencia de que al menos algunas sí se están llevando a cabo.

A partir de los resultados obtenidos en la ELB, se diseñó una estrategia de intervención, difundiendo innovaciones y promoviendo su adopción, esto a través de capacitaciones y asistencia técnica a productores. Posteriormente, para evaluar el impacto de las actividades realizadas, se llevó a cabo una Encuesta Línea Final (ELF), cuyos resultados fueron comparados con la ELB. Los resultados, muestran que el InAI se incrementó de manera absoluta en 0.25; es decir, 44 % medido como un cambio porcentual de los niveles de adopción entre ELB y ELF. Por tanto, la

intervención de la AGI-DP tuvo efectos positivos en la adopción de innovaciones, esto se ve reflejado en el incremento del InAI (Cuadro 11).

Figura 19.
Índice de adopción de innovaciones en el estado de Veracruz en plantaciones de piña



Fuente: Elaboración propia con datos de la ELB Nodo proveedores, 2011, información proveniente de 101 productores.

Cuadro 11.
Comparación del InAI en productores de piña

Etapa	n	InAI promedio	Desviación estándar
ELB	101	0.56 a	0.10
ELF	75	0.81 b	0.06
Incremento	-	0.25	-
Cambio	-	44 %	-

Medias con diferentes literales por fila indican diferencias estadísticamente significativas ($p<0.05$) según prueba de Scheffé.
Fuente: Elaboración propia con datos de la ELB y ELF Nodo proveedores 2011, información proveniente de 101 productores para ELB y 75 para ELF.

Dado que el incremento general del InAI entre la ELB y la ELF es resultado de la adopción de innovaciones contenidas en las categorías definidas con anterioridad, es necesario conocer el InAI por categoría. En el cuadro 12 y la figura

20 se observa que todas las categorías tuvieron incrementos positivos en su nivel de adopción. Por otro lado, se muestra que existen categorías que desde antes de la difusión de innovaciones ya estaban adoptadas con niveles altos, como es el caso la categoría *nutrición* y la categoría *cosecha*. Las categorías que alcanzaron mayor incremento porcentual en el InAI fueron *reproducción* y *mejoramiento genético* (98 %), *establecimiento y manejo de la plantación* (70 %) y *administración* (62 %).

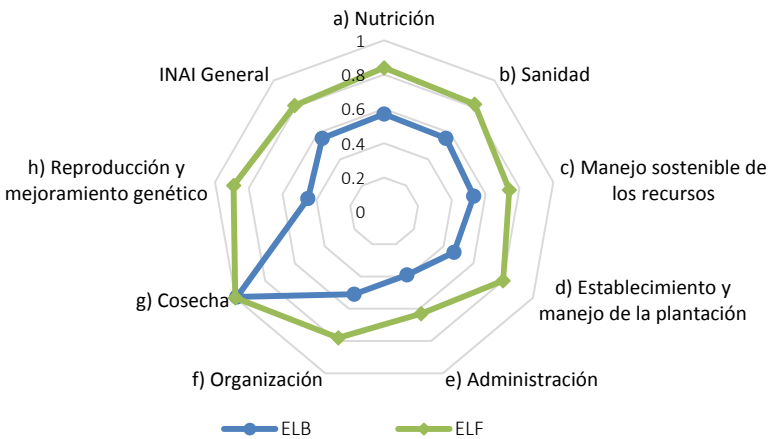
Como se aprecia, el uso del InAI permite medir el nivel de adopción de diferentes innovaciones y con ello determinar el impacto que una estrategia de gestión de la innovación puede tener a través de las capacitaciones y asesoría técnica. Sin embargo, es fundamental la definición correcta del catálogo de innovaciones a promover, ya que una baja adopción puede ser también resultado de que la tecnología propuesta no sea pertinente.

Cuadro 12.
Cambio en la adopción de innovaciones (InAI) por categoría, resultado de la intervención bajo el modelo AGI-DP en plantaciones de piña

Categoría	ELB	ELF	Cambio (%)
a) Nutrición	0.57 b	0.84 a	47
b) Sanidad	0.56 b	0.82 a	46
c) Manejo sostenible de los recursos	0.53 b	0.74 a	40
d) Establecimiento y manejo de la plantación	0.47 b	0.80 a	70
e) Administración	0.39 b	0.63 a	62
f) Organización	0.51 b	0.78 a	53
g) Cosecha	0.99 a	1.00 a	1
h) Reproducción y mejoramiento genético	0.45 b	0.89 a	98
InAI General	0.56 b	0.81 a	45
n	101	75	-

Fuente: Elaboración propia con datos de la ELB y ELF Nodo proveedores 2011, información proveniente de 101 productores para ELB y 75 para ELF.

Figura 20.
InAI por categoría en los productores de piña, comparación entre ELB y ELF



Fuente: Elaboración propia con datos de la ELB y ELF Nodo proveedores 2011, información proveniente de 101 productores para ELB y 75 para ELF.

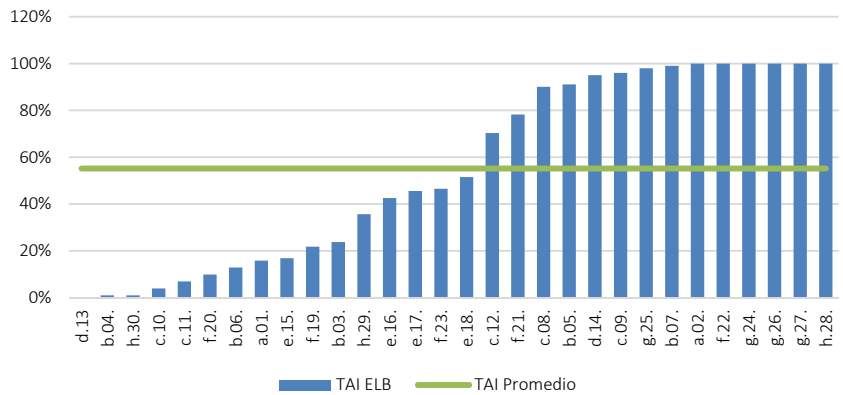
b) Tasa de adopción de innovaciones

La determinación del InAI para conocer los niveles de adopción por parte de los productores de piña en la ELB y en la ELF, es un elemento importante; sin embargo, también es necesario saber cuáles son las innovaciones más adoptadas o en caso contrario, las menos adoptadas. En el presente caso, esta información se determinó a partir de la tasa de adopción de innovaciones (TAI), y se define como el número de productores atendidos que adoptan una determinada innovación.

Los resultados obtenidos muestran que la brecha entre la innovación menos adoptada y la innovación más adoptada es de 100 %, donde la innovación referida como d.13. Cultivos intercalados no es adoptada por ningún productor atendido, lo cual puede deberse a su complejidad técnica; mientras que, existen innovaciones que son practicadas por el 100 % de los productores como es el caso de las innovaciones: a.02. Aplicación de fertilizantes al suelo en dos o más aplicaciones; f.22. Pertenece a organización económica funcionando; g.24. Cosecha por criterios de madurez; g.26. Cosecha programada; g.27. Utiliza la herramienta adecuada para

cosechar, y h.28. Uso de variedades mejoradas/validadas en la unidad de producción.

Figura 21.
Tasa de adopción de innovaciones (TAI %) en el estado de Veracruz, en plantaciones de piña



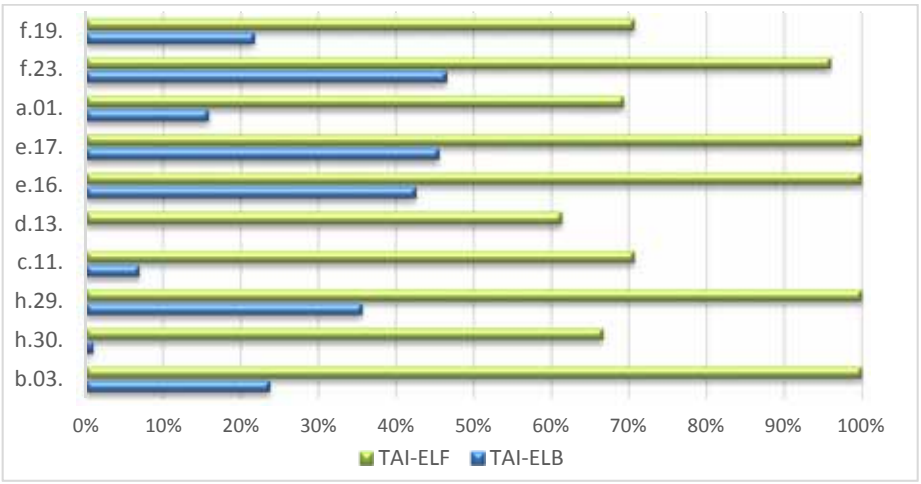
Fuente: Elaboración propia con datos de la ELB Nodo proveedores 2011, información proveniente de 101 productores.

Por otro lado, la TAI promedio fue igual a 55 %, lo cual significa que alrededor de la mitad de los productores adoptaba alguna de las 29 innovaciones.

El indicador TAI es ampliamente utilizado por las AGI-DP para identificar en su estrategia de gestión de la innovación aquellas innovaciones que deben ser promovidas y que pueden impactar favorablemente en la unidad de producción, por lo que las innovaciones con bajas tasas de adopción, son las que tendrán mayor oportunidad de ser adoptadas.

Con la intervención de la AGI-DP, la tasa de adopción pasó de 55 % a 78 %, donde las innovaciones con mayor incremento son las referidas en la figura 22. Cabe señalar que no todas las innovaciones tuvieron incremento en la tasa de adopción, esto debido a que algunas de ellas tenían TAI cercanas al 100 %, como es el caso de las innovaciones incluidas en la categoría de cosecha; y otras simplemente no tuvieron incrementos.

Figura 22.
Principales innovaciones con mayor incremento porcentual de adopción en las plantaciones de piña en el estado de Veracruz, comparación ELB y ELF



b.03. Monitoreo de plagas y enfermedades; h.30. Establecimiento de viveros/ bancos de germoplasma; h.29. Identificación de plantas superiores; c.11. Producción y/o uso de abonos orgánicos; d.13. Cultivos intercalados; e.16. Registra las prácticas efectuadas (fecha, insumos, prácticas); e.17. Registra los ingresos y egresos; a.01. Análisis foliar y de suelo; f.23. Cuenta con esquema de articulación con la agroindustria de manera grupal; f.19. Compras consolidadas.
Fuente: Elaboración propia con datos de la ELB y ELF nodo productores.

c) Innovaciones que transformaron el cultivo de piña

En los apartados anteriores se ha hecho mención de algunas prácticas realizadas en el cultivo de piña; sin embargo, en los últimos años este cultivo se ha caracterizado por la incorporación de nuevas tecnologías y prácticas derivadas de la introducción del híbrido MD2. La introducción de la piña MD2 en México es un acontecimiento relativamente reciente, cuyo proceso de adopción ha sido lento en comparación con países como Costa Rica. La reconversión de la variedad Cayena Lisa a este híbrido (MD2) ha sido principalmente con miras a la exportación, en un entorno en el que prácticamente las exportaciones de piña Cayena Lisa tenían baja aceptación en el principal mercado consumidor, EUA. Así, las mayores exigencias

del mercado fresco de exportación en cuanto a calidad, inocuidad y la trazabilidad de la fruta, generaron un entorno propicio para el uso de tecnologías avanzadas y novedosas, muchas de las cuales serán descritas a lo largo del documento.

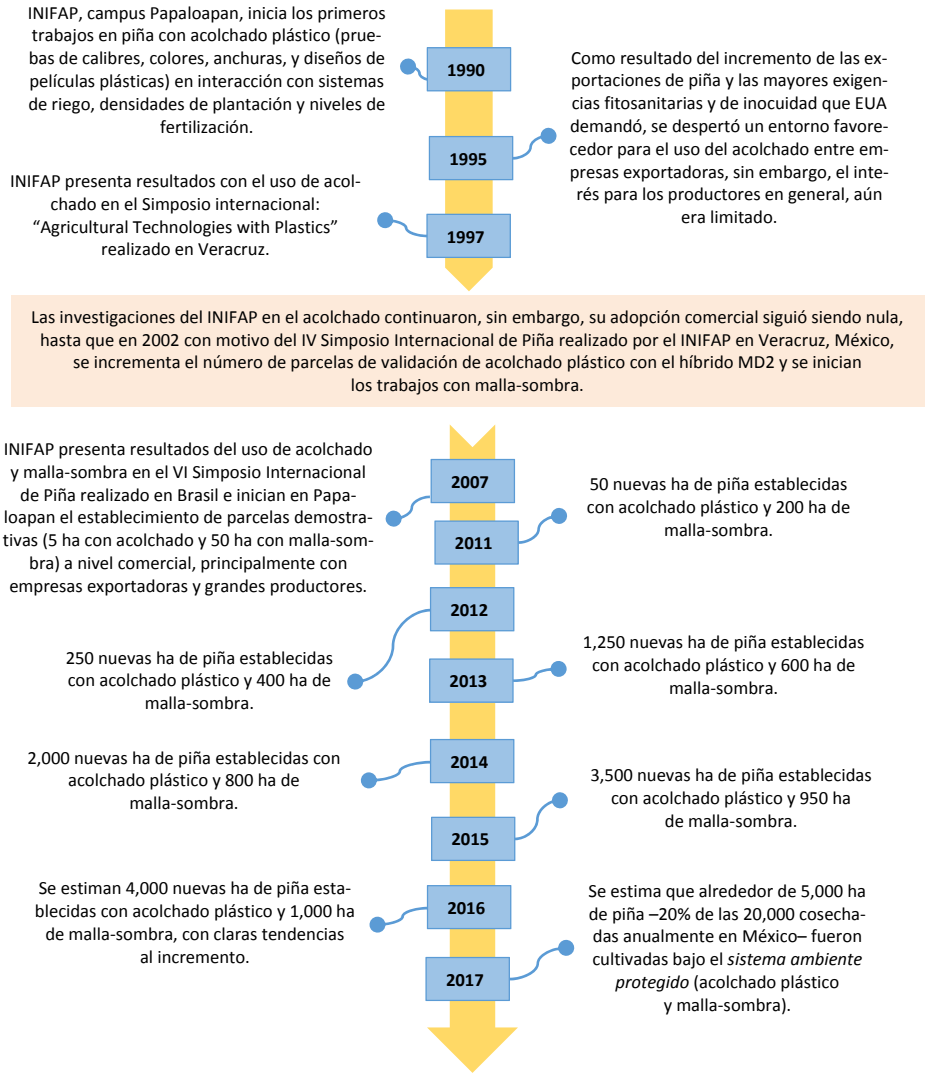
La mayoría de las tecnologías tienen su origen en el trabajo de investigación realizado por el Grupo de investigación en piña- INIFAP (GIP-INIFAP), que durante los últimos 35 años las identificó, desarrolló o adaptó a las condiciones de las principales regiones piñeras del país. El desarrollo de dichas tecnologías también ha requerido la participación de otros actores, tales como los proveedores de insumos y equipos agrícolas, así como agricultores innovadores, quienes han participado en la experimentación y/o validación de parcelas demostrativas y en la aportación de ideas para la adaptación de la tecnología. Los agricultores innovadores han sido clave en el proceso de difusión de la tecnología. Asimismo, es de mencionar que la AGI-DP durante su operación también contribuyó a la transferencia de dichas tecnológias, al apoyarse y colaborar con el GIP-INIFAP.

Actualmente podemos considerar dos tecnologías con un impacto sobresaliente, cuyo uso se ha acrecentado de manera considerable en los últimos años: el acolchado y la malla sombra (Figura 23). De acuerdo con el GIP-INIFAP, en el año 2011 se tenían alrededor de 50 hectáreas de piña acolchadas, mientras que para el año 2017, un aproximado de 5,000 hectáreas estaban establecidas tanto con alcolchado plástico como con malla-sombra.

En el caso de malla-sombra plástica (50 % sombra, color negro y tipo híbrida), el proceso de adopción ha sido más lento, lo cual está relacionado con la alta inversión a la que tienen que incurrir los productores; sin embargo, actualmente la superficie con malla-sombra es equiparable a la superficie acolchada. El nivel de adopción de las dos tecnologías mencionadas es variable y esto se relaciona con el conocimiento que el productor posee acerca ellas, las habilidades de gestión, la disponibilidad de maquinaria y equipo para implementarlas y los recursos económicos para su adquisición. Un incentivo adicional para su adopción, es que a partir de julio de 2018, las empresas exportadoras de piña en fresco anunciaron que ninguna fruta que no haya sido protegida con malla-sombra 50%, será considerada adecuada para exportación.

Figura 23.

Desarrollo del acolchado plástico y la malla-sombra en piña, región Bajo Papaloapan



Fuente: Elaboración propia con información recabada en campo y estimada por el INIFAP-Papaloapan.

Con base en lo observado, los primeros en adoptar la tecnología son los grandes y medianos productores de tipo empresarial, quienes pueden asumir mayor capacidad de riesgo. Algunos productores inician con pequeñas superficies para probar los beneficios potenciales de las tecnologías y decidir si es conveniente su uso en superficies mayores.

Aun cuando estas tecnologías resultaron una motivación para la exportación de la fruta, también son aplicables a las plantaciones convencionales dirigidas al mercado fresco nacional o industrial. Cabe señalar que los pequeños productores también están adoptando las tecnologías desarrolladas (malla-sombra, acolchado y otras), sin embargo, este proceso ha sido más lento y de menor magnitud, tal vez debido a la falta de apoyos directos del sector oficial a este tipo de productores, quienes estan menos o nada ligados a empresas de exportación, sin crédito y seguro agrícola, entre otros elementos.

El hecho de que muchos de los productores, usuarios de las tecnologías, adquieran sin subsidios y sólo con sus propios recursos los insumos requeridos (cal agrícola, micorrizas, semilla de *Crotalaria juncea* como abono verde, acolchado plástico, sistemas de riego, malla-sombra, entre otros), muestra el valor técnico e importancia económica que estas tienen para ellos.

6. La planta de piña, características y necesidades

La piña (*Ananas comosus* (L) Merr variedad *comosus*) es la planta más conocida de las 2,600 especies agrupadas en 56 géneros de la familia de las Bromeliaceae (Coppens d'Eeckenbrugge, Sanewski, Smith, Duval, & Leal, 2011), siendo el único miembro de esta familia que es cultivado para consumo humano (Paull & Duarte, 2011). El género *Ananas* sólo incluye dos especies: la piña propiamente, *A. comosus* (L.) Merril y *A. macrodontes* Morren (la Gravatá o Yvirá). La primera es normalmente una especie diploide (2n = 50), que incluye cinco variedades botánicas, de las que tres están domesticadas (*A. comosus* var. *comosus*, por su fruto grande y comestible; *A. comosus* var. *erectifolius*, por sus fibras y como ornamento y; *A. comosus* var. *bracteatus*, para cercos vivos y como ornamento), y dos son silvestres (*A. comosus* var *ananassoides* y *A. comosus* var. *parguazensis*), pero que también tienen potencial ornamental, entre otros. La segunda especie, *A. macrodontes*, también silvestre,

es un tetraploide auto-fértil (2n = 4x = 100), cuya inflorescencia carece de una corona y su reproducción vegetativa está asegurada por estolones (Coppens d´Eeckenbrugge & Leal, 2003).

6.1 Variedades mejoradas de piña y programas de reproducción en el mundo

De acuerdo a las características de fruto y hojas, los clones principales de piña se han colocado en grupos. La última de estas clasificaciones, realizada por Py et al. (1987), reconoce cinco grupos: «Cayenne», «Queen», «Spanish», «Pernambuco» y «Perolera». Sin embargo, se ha recogido y caracterizado una diversidad mucho más amplia de cultivares, haciendo que las clasificaciones anteriores sean confusas e inadecuadas (Coppens d´Eeckenbrugge & Leal, 2003; Paull & Duarte, 2011). Duval et al. (1997) coincidieron en que si bien esta clasificación era apropiada para propósitos prácticos, no está claramente determinada por sus bases genéticas, ya que muchas variedades de uso local no encajaban en los grupos ya definidos. Lo anterior ofrece una idea del trabajo que aún se requiere para llegar a clasificar la diversidad de cultivares existentes en la actualidad.

Este problema se ha agravado por la presencia de varios híbridos, muchos ya comerciales, producto de varios programas de mejoramiento genético de instituciones con interés en el desarrollo e impulso de la piña en el mundo, casi todos logrados durante los últimos 50 años. De algunos se conoce con relativa certeza su origen histórico detallado, pero del resto, que son la mayoría, sólo se conocen, y no siempre, detalles de los que fueron sus últimos parientes, pero no de todos los genotipos que intervinieron en esas cruzas.

El programa de mejoramiento de piña más exitoso en el mundo fue implementado por el Pineapple Research Institute (PRI), ubicado en Hawái, cuyo objetivo era obtener cultivares alternativos a Cayena Lisa para usar como fruta fresca y para procesamiento (Williams y Fleisch 1993 citado Ogata, Yamanaka, Shoda, Urasaki, & Yamamoto, 2016). De este programa de mejoramiento resultaron dos híbridos: el 73-50 llamado CO-2 y el 73-114 conocido como MD-2, este último fue seleccionado por la mejor calidad organoléptica de la fruta para consumo en fresco y, tiene como padres los híbridos 58-1184 x 59-443, siendo su composición genética 'Smooth Cayenne' 17, 'Smooth Guatemala' 6, 'Pernambuco' 4, 'Ruby' (clon 'Singapore Spanish') 4, y 'Queen' 1 (Taniguchi, Sanewski, Bartholomew, & Paull,

2008). El híbrido MD2 reemplazó a Cayena Lisa en muchas regiones de producción en todo el mundo.

Posterior a la liberación de los dos híbridos anteriores, otros más han sido liberados por las compañías miembros del PRI, una vez que éste se disolvió en 1975 (Ogata et al., 2016). Además, el desarrollo de programas de mejoramiento en muchos otros países ha producido nuevos cultivares, algunos de los cuales se muestran en el cuadro 13.

Cuadro 13.

Cultivares de piña originados en programas de mejoramiento

Cultivar	Origen	Año	Descripción
Ajubá	EMBRAPA Cassava and Tropical Fruits, Cruz das Almas, Brasil	2009	La tercera piña híbrida introducida del programa de hibridación brasileño.
Aus-Carnival	Queensland Department of Primary Industries, Maroochy Research Station, Nambour, Australia	2008	
Aus-Jubilee	Queensland Department of Primary Industries, Maroochy Research Station, Nambour, Australia	2006	
Vitória	EMBRAPA Cassava & Tropical Fruits, Cruz das Almas, Brazil	2006	Segundo cultivar introducido del programa de hibridación brasileño, con resistencia a fusariosis.
Honey Gold	Del Monte Fresh Produce, Inc., Coral Gables, Florida,	2006	
FLHORAN41	CIRAD-FLHOR, Martinica	2004	Gran éxito en las Antillas francesas, y se está desarrollando bien en La Reunión
Imperial	EMBRAPA Cassava & Tropical Fruits, Cruz das Almas	2003	Primer cultivar resistente al fusariosis introducido por el programa de mejoramiento brasileño, exitoso cuando se probó en el mercado francés.
Tainung No. 17 (Tainon 17)	Chiayi Agricultural Experiment Station, Chiayi, Taiwan Agricultural Research Institute,	1998	Posee alrededor del 80 % de la cuota de mercado de la piña fresca en Taiwán.
MD-2 (Del Monte Gold™)	Pineapple Research Institute, Hawaii	1996	Cultivar de fruta fresca de piña dominante en todo el mundo
Josapine	Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI), Malasia	1996	Cultivar de fructificación muy temprano y la principal piña de fruta fresca en Malasia.

Fuente: Bartholomew, Coppens d'Eeckenbrugge & Chen (2006).

Un cultivar de posible mayor impacto en el mercado internacional debido a sus características novedosas es el “Rosé”, piña transgénica desarrollada en el laboratorio de Del Monte Fresh Produce Company, en Richmond, California, EUA, mediante técnicas de ingeniería genética, y cuya planta es muy similar a la línea parental MD2 (genotipo que le dio origen), por sus características de planta, fruta y su calidad interna; la característica más distintiva es el color de la pulpa, que va del rosado al rosado-rojizo, debido a la acumulación de licopeno en esa parte comestible de la fruta; a la morfología y apariencia de la cáscara se le refiere como “tigre” o "atigrada". La planta puede ser tolerante a la aparición de la floración natural, el cual es un grave problema en MD2. El objetivo principal de esta invención fue producir una variedad única y diferenciada de piña, que tuviera como particularidad la acumulación de altos niveles de carotenoides en su pulpa, en particular, el licopeno que produce el color rojo interno, mientras que conserva la mayoría de las excelentes características de la línea parental, MD2.

Los carotenoides son compuestos que pueden contribuir fundamentalmente a la salud humana, y en los últimos años ha habido un interés considerable en los denominados carotenoides dietéticos, por su potencial en el alivio de las enfermedades relacionadas con la edad en los seres humanos. Este interés se ha reflejado en los significativos avances en la clonación de la mayoría de los genes carotenoides y en la manipulación genética de las plantas de cultivo, con la intención de aumentar los niveles en la dieta. Este transgénico, “Rosé”, es muy adecuado para el mercado fresco y el excedente de fruta puede ser procesado como jugo o producto congelado (IFI CLAIMS Patent Services, 2013).

6.2 Morfología y fisiología de la planta

La piña es una planta herbácea perenne que presenta un metabolismo tipo CAM (Metabolismo Ácido de las Crasuláceas), que la hace muy diferente a los típicos cultivos frutales, hortícolas, de gramíneas y leguminosas. En la región piñera del Bajo Papaloapan, México, una planta típica de piña adulta de los cultivares Cayena Lisa o MD2 según demanda del mercado, con su fruto y manejada bajo estándares comerciales promedio, pesa entre 5.0 y 8.0 kg en fresco y consta de los siguientes y principales órganos (Rebolledo et al, 2011). Las principales estructuras morfológicas son el tallo, las hojas, las raíces, el pedúnculo, el fruto y los vástagos.

6.2.1 Estructuras morfológicas de la planta de piña

Tallo: Es relativamente corto y grueso; tiene la forma de un mazo de consistencia carnosa y mide de 20 a 40 cm de longitud; en su base es angosto, de 2 a 4 cm, y justo debajo del ápice está su parte más ancha, de 6 a 8 cm de diámetro aproximadamente, con entrenudos muy cortos, de 1 a 10 mm entre ellos. Los meristemos producen de 70 a 80 hojas, a menos que la planta se induzca a florecer prematuramente. Pesa un promedio de 400 g, pero en plantas bien desarrolladas hasta 1.0 kg (120 g de peso seco), representando el 12 % del peso seco total. Es la fuente de reserva principal de nutrimentos, su peso al momento de la inducción floral está altamente correlacionado con el total de la planta, y a su vez, con el peso de la fruta a la cosecha.

Hojas. Una planta adulta presenta de 70 a 80 hojas dispuestas en espiral formando una roseta, en la cual los elementos jóvenes se encuentran en el centro. Juntas pesan entre 3.0 y 3.5 kg en fresco, lo que representa el 50 % del peso seco total de la planta. Las hojas no se caen a medida que la planta crece, y las producidas después de la plantación, retienen su clorofila y su turgencia por muchos meses. Cuando alcanzan la edad de 10 a 12 meses, la planta tiene de 60 a 80 hojas completamente desarrolladas y, dependiendo de la densidad de plantación, su espaciamiento es muy corto y tienen una longitud máxima de 1 m. Las hojas de la piña se clasifican en A, B, C, D y E (Figura 24). Desde el punto de vista del manejo del cultivo, las hojas “D” son las más importantes y corresponden a las hojas adultas más jóvenes que han terminado su crecimiento; generalmente son las hojas más altas de la planta a partir del nivel del suelo. Son también las más largas después de los 8 a los 12 meses de edad de la planta, y se han usado como indicadores del nivel nutrimental de la planta y para evaluar el efecto del ambiente sobre su estado hídrico y de desarrollo. Su peso está altamente relacionado con el peso de la planta entera. Para el uso de esta hoja como indicador del estado nutrimental, se consideran dos opciones: i) análisis de la hoja “D” entera y ii) análisis de la hoja “D” en su tercio medio basal de la parte etiolada (blanca), el cual permite caracterizar la concentración de nitrógeno en la planta. Esta parte blanca se comporta fisiológicamente como un peciolo, y muestra un contenido de agua relativamente constante, lo cual permite expresar también los resultados con base en la materia fresca; su composición expresa los movimientos de los elementos en

el interior de la planta y una gran sensibilidad para los elementos más móviles. Para fines de diagnóstico nutrimental, se puede utilizar cualquiera de las dos partes mencionadas. Las hojas sólo presentan estomas en su envés, ya que la superficie superior es totalmente cerosa y lisa.

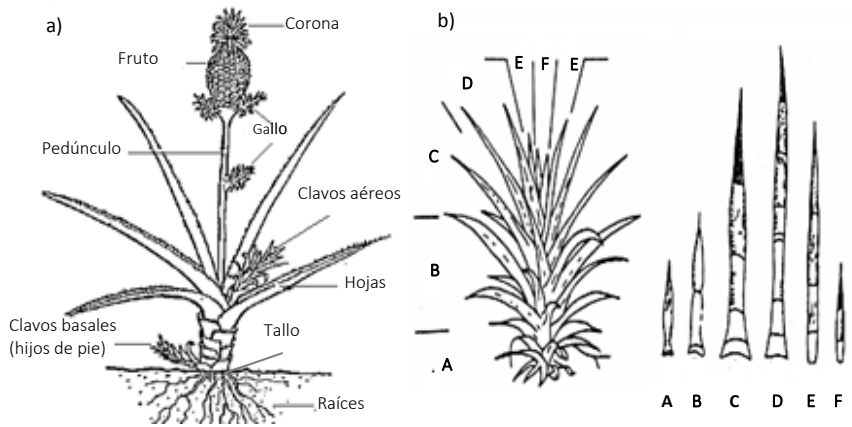
Raíces. El crecimiento de la planta de piña se asocia a dos tipos de raíces: las del suelo y las axilares o adventicias. El sistema de raíces del suelo, proviene de la base del tallo, tiene una extensión lateral de 1 a 2 m, y penetra a profundidades de hasta 80 cm, aun cuando la mayoría se encuentra en los primeros 30 cm. En las condiciones de clima de Veracruz y Tabasco, el ritmo de crecimiento de ellas es más lento cuando se presenta la época más fría, en contraste con la época de mayor calor, con buenas condiciones de humedad. Un vástago recién sembrado, inicia su enraizamiento 20 días después de su siembra, con alrededor de 40 raíces, en función del crecimiento de la parte aérea, hasta llegar alrededor de 130, poco antes de la etapa de floración. Éstas llegan a tener un peso fresco de 500 g (hasta 120 g en seco), que representa el 7 % del peso total de la planta. La planta absorbe la mayoría de agua y sales minerales a través de los pelos microscópicos desarrollados en los extremos de estas raicillas; por ello, si están dañadas o muertas se afecta severamente la absorción de agua y nutrimentos. El marcado color blanco de las puntas de las raíces, es un indicador de su desarrollo bajo buenas condiciones de humedad. Por encima del nivel del suelo, las raíces adventicias se desarrollan en las axilas de las hojas, probablemente como respuesta a la acumulación de agua en la base de las mismas por el rocío, lluvia o irrigación. Alcanzan a penetrar dentro del suelo, cuando las hojas viejas mueren o declinan. Las que se inician en los niveles más altos, se alargan dentro de las hojas y se extienden varios centímetros alrededor del tallo. Estas raíces absorben gran parte del agua y los agroquímicos aplicados, sobre todo cuando se aplican mediante aspersiones dirigidas a la parte aérea de la planta.

Pedúnculo. Es la prolongación del tallo, con un peso fresco no mayor a 150 gramos, equivalente entre el 1 y 2 % del peso total de la planta, que se desarrolla cuando la planta completa su crecimiento vegetativo; se manifiesta por un engrosamiento del tallo en su meristemo terminal, después de un período corto en el cual se había estrechado; en este momento se inicia la diferenciación del

pedúnculo, en cuyo extremo apical se desarrolla la inflorescencia, que dará origen al fruto.

Figura 24.
Planta de piña y sus partes

a) Planta adulta de piña con sus diferentes órganos y fruto próximo a cosecha y b) Clasificación de las hojas de piña por categorías, según tamaño y edad, donde A: más viejas, D: maduras y F: más jóvenes



Fuente: a) http://www.uq.edu.au/_School_Science_Lessons/PineProj.html; b) Py (1969); Malavolta (1982) citado por da Silva y Reinhardt (2007).

Fruto. Cada planta adulta produce sólo un fruto, con forma cilíndrica y una sola corona. La piña es un fruto múltiple, donde cada florecilla da origen a un fruto individual llamado baya. El número de frutos individuales está altamente relacionado con el peso del fruto, el cual oscila entre 1.8 y 2.5 kg (hasta 3.5 kg), que equivale al 25 % del peso total de la planta. En este peso va incluido el de su corona (250 g). Las flores son de tipo trímero y autoestériles, pero por polinización cruzada se puede producir fecundación y formación de semillas con otras variedades o individuos "fuera de tipo", lo cual es comercialmente indeseable. La materia seca acumulada en el tallo hasta la inducción floral, determina un número potencial de frutillos, cuya formación dependerá de las condiciones climáticas durante la

actividad floral del meristemo terminal; el número de frutillos y la capacidad de la planta para movilizar sus reservas, determinan su rendimiento.

Los frutos se forman por partenocarpia natural, es decir, sin la fecundación del óvulo y, por lo tanto, sin la formación de semilla; en la parte superior del fruto se localiza la corona, la cual se desarrolla mientras dura la formación del fruto, después entra en estado de letargo y sólo reanuda su desarrollo cuando se separa del fruto y se establece en algún medio de cultivo.

Vástagos. Al momento de la cosecha del fruto se encuentran en desarrollo de 1 o 2 vástagos axilares, los cuales, juntos, tienen un peso fresco de alrededor de 0.5 kg, lo que representa el 6 % del peso total de la planta. Existen tres tipos de material vegetativo, útiles para la reproducción de la planta: corona, gallos y clavos (ver figura 24). Además de diferir en su ubicación en la planta y en su forma, los tres tipos básicos de material vegetativo difieren en su vigor, ritmo de crecimiento, longitud del ciclo y susceptibilidad a la floración prematura. De manera natural, a igualdad de peso y bajo las mismas condiciones edafo-climáticas y nutrimentales para su desarrollo, una corona requiere de un promedio de 24 meses para llegar a la cosecha de su fruto, mientras que el gallo y clavo requieren 22 y 18 meses, respectivamente. Este comportamiento se explica por la mayor disponibilidad de agua y nutrientes que tienen los clavos al desarrollarse en la parte media-baja de la planta, donde su flujo es más abundante. Por esta razón, los diferentes tipos de material vegetativo nunca deben sembrarse mezclados; asimismo, los diferenciales de peso dentro de estos deben ser mínimos, de tal manera que se garantice un crecimiento y desarrollo uniforme en cada melga, lote o fracción de ellos. A continuación se amplía su conocimiento.

a) Corona. Se localiza en la parte superior del fruto y es, de hecho, el meristemo apical de la planta. Dado que el fruto se cosecha y comercializa con la corona, este material sólo está disponible, como desecho, durante el período de actividad de las industrias procesadoras locales. Durante la selección deben desecharse las coronas muy pequeñas, aquellas que estén sin cogollo, las múltiples y las que muestren síntomas de ataque o probable presencia de enfermedades o plagas de alto impacto. Presenta el crecimiento más lento de todos, ya que una corona de 250 g tiene un ciclo natural de 24 meses.
b) Gallos. Se desarrollan a partir de yemas axilares del pedúnculo del fruto. Pueden diferenciarse dos subtipos: los que nacen cerca del fruto y presentan una pronunciada curvatura y protuberancia en su base, y los que brotan en la parte

baja del pedúnculo y tienen su base menos arqueada y voluminosa. Se producen dos por planta, en promedio, aunque en las cosechas de los meses de mayo a julio se incrementan a cinco, debido a que la diferenciación floral de la planta madre ocurre en forma natural o inducida durante los meses de noviembre, diciembre y enero. Presenta un ritmo de crecimiento intermedio, ya que un gallo de 250 g tiene un ciclo natural de 22 meses.

c) Clavos. Se originan de las yemas axilares del tallo. Es el tipo de material vegetativo más abundante; se producen en promedio tres brotes por planta. Pueden diferenciarse dos subtipos: los que nacen en la parte media y superior del tallo, cuyas raíces no están en contacto con el suelo, y los llamados "hijos del pie", que surgen de la parte inferior del tallo y desarrollan sus raíces directamente en el suelo, mientras no son arrancados para nuevas siembras. Los hijos del pie son la principal forma de diseminación de nemátodos fitoparásitos entre lotes, fincas y regiones, ya que, por estar sus raíces en contacto directo con el suelo, éstas se infestan inmediatamente con ellos, y una vez arrancados para nuevas siembras, a pesar del tratamiento de secado al sol a que se expone su base y las raíces con suelo adherido, muchos nemátodos sobreviven e infestan los campos en donde son sembrados. Aunque menores, los ritmos de crecimiento entre estos dos subtipos son diferentes y deben ser considerados en los programas de siembra-inducción floral-cosecha. El clavo presenta el crecimiento más agresivo con respecto al gallo y a la corona, ya que un clavo de 250 g tiene un ciclo natural de 18 meses.

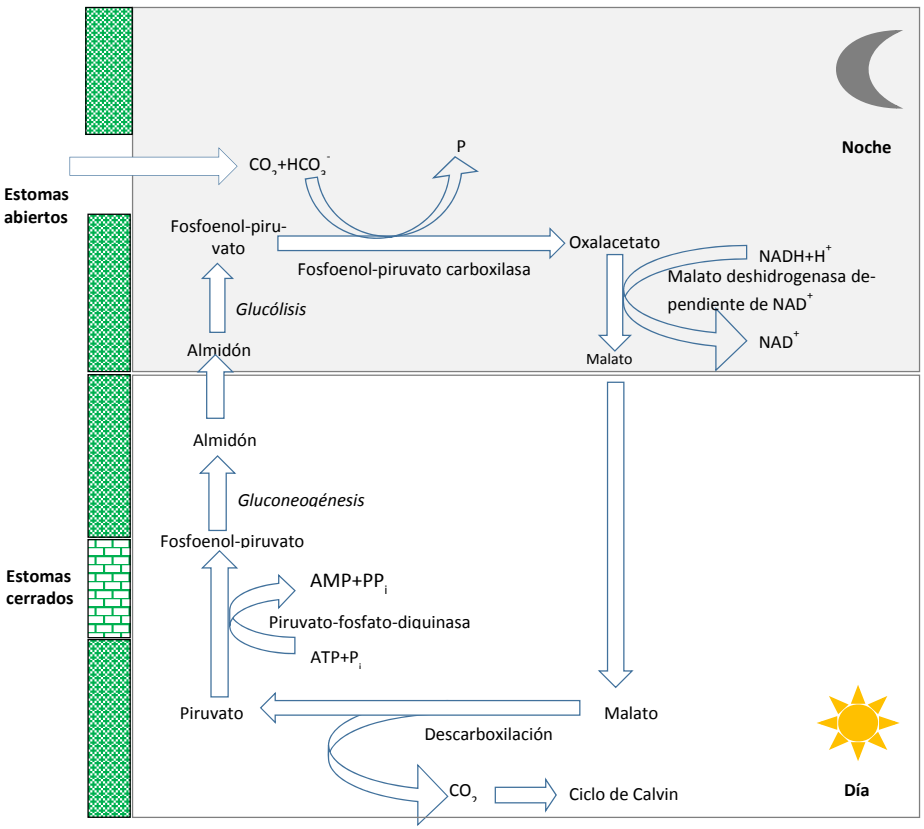
6.2.2 Aspectos fisiológicos de la planta

La planta de piña tiene un mecanismo fotosintético tipo CAM. Este metabolismo le permite a la planta abrir sus estomas para capturar el CO_2 necesario, durante la noche, cuando el ambiente es fresco y la pérdida de agua se reduce, y mantenerlos cerrados durante la mayor parte del día, momento en el cual la planta realiza la fotosíntesis aprovechando los ácidos orgánicos acumulados en las vacuolas de las hojas durante la noche anterior. Durante el día, cuando los estomas están cerrados, el ácido málico se libera de la vacuolas y es descarboxilado a piruvato mediante la actividad de tres enzimas, esta reacción lleva consigo la liberación de CO_2 que será fijado por el ciclo de Calvin-Benson en azúcares que se usan para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Además, el piruvato resultante se transforma en almidón

durante el día, el cual será degradado durante la noche siguiente en glucosa, cerrándose de este modo el ciclo.

La fotosíntesis CAM se asocia con una gran eficiencia de agua. La separación temporal de los procesos fotosintéticos en las plantas CAM hace que la asimilación del carbono tenga lugar durante la noche, cuando la evapotranspiración es muy escasa. De este modo pueden mantener los estomas abiertos sin apenas pérdida de agua, y cerrarlos durante el día, cuando la demanda evaporativa es intensa (Azcón-Bieto & Talón, 2013).

Figura 25.
Metabolismo del Ácido Crasuláceo



Fuente: Azcon- Bieto & Talón (2013).

Considerando que las plantas de piña sólo abren sus estomas durante las noches y en parte durante los días muy frescos (nublados y húmedos), para realizar el intercambio gaseoso (expele oxígeno y captura CO_2) necesario para sus procesos fotosintéticos durante el día, las aplicaciones de inductores de la floración, nutrientes, plaguicidas y demás agroquímicos que se requiera penetren a la planta, para ser efectivos, deben realizarse cuando las plantas estén en franca apertura estomatal, de lo contrario, su absorción por esta vía será mínima.

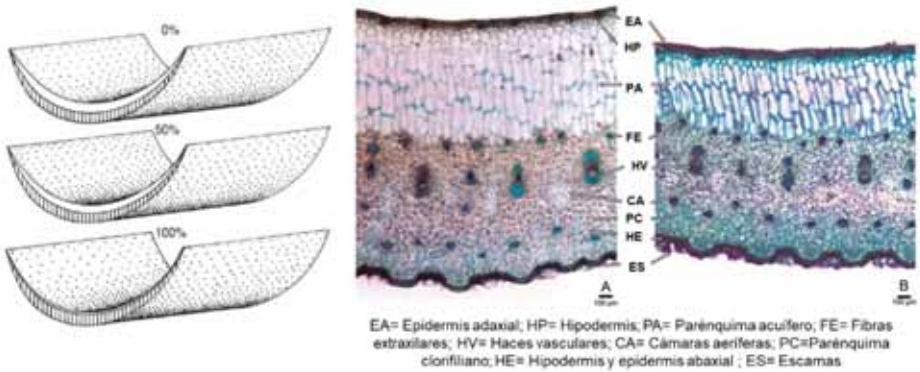
Las plantas CAM también han evolucionado en un sinfín de aspectos morfológicos y anatómicos dentro de los cuales se incluye un mesófilo, consistente en células con paredes celulares delgadas y vacuolas prominentes, variados grados de suculencia en hojas o tallos, estomas pequeños y generalmente encriptados, cutículas gruesas y baja frecuencia de estomas que limitan la pérdida de agua (Sharkey, 1993 citado por Geydan & Melgarejo, 2005). Usualmente poseen un mesófilo no clorenquimatoso denominado hidrénquima, especializado en la acumulación de agua utilizada para la supervivencia durante largos períodos de sequía.

Para reforzar su resistencia a la sequía, las hojas de las bromelias tienen un tejido de reserva de agua que puede llegar a ocupar hasta el 50 % del volumen de ellas (Figura 26) y reducirse hasta alcanzar un 25 % cuando la planta ya “sufre” desabasto, o incluso casi desaparecer cuando esta reserva se agota (por falta de lluvias o riegos), retomando su volumen a capacidad cuando las condiciones de humedad mejoran. Los técnicos especializados en riego toman muy en cuenta el estado o grosor relativo de este tejido, ya que es el mejor indicador de la condición hídrica de la planta y con base a ella, determinan la cantidad de agua que hace falta aplicar. Este tejido o parénquima acuífero especializado, llamado también hidrénquima, está inmediatamente debajo de la cutícula superior, gruesa, cerosa, lisa y con varias capas sub-epidérmicas que protegen a la hoja de la pérdida de líquidos de la planta.

El tejido acuífero lo constituyen varias capas de gruesas células del tipo parénquima en empalizada, al parecer llenas de unas sustancias hidrófilas tipo mucílagos, todas acomodadas de manera compacta y en posición vertical que ocupan casi el 50 % del grosor total de la hoja (mitad superior), en un corte transversal (Figura 26). Debajo de ella, está el parénquima clorofílico que se extiende

de manera transversal en la mitad inferior de la hoja y entre ambas capas, los haces vasculares, canales de ventilación y las múltiples fibras o cordones, los cuales abundan más en la parte inferior del tejido clorofiliano, rematando con la hipodermis y la epidermis inferior, que no es lisa sino corrugada, con pequeños lomos y surcos alternados que corren en paralelo a lo largo de la hoja, donde se insertan estructuras típicas de las bromelias, como lo son los tricomas, que son indudables protectores de los estomas (80/mm^2) y los principales responsables del mayor intercambio gaseoso entre las plantas y la atmósfera.

Figura 26.
Tejido acuífero de las hojas de la piña y sus diferentes estados de acumulación de agua, en este caso % de déficit según grosor del parénquima acuífero (derecha) y su ubicación en un corte trasversal de Hojas D en plantas en diferentes condiciones ambientales (izquierda)



EA= Epidermis adaxial; HP= Hipodermis; PA= Parénquima acuífero; FE= Fibras extraxilares; HV= Haces vasculares; CA= Cámaras aeríferas; PC=Parénquima clorifiliano; HE= Hipodermis y epidermis abaxial ; ES= Escamas

Fuente: Bartholomew et al. (2003) y Ebel et al. (2016).

6.3 Requerimientos agroecológicos del cultivo

Como especie, la piña ha demostrado gran adaptación a una muy amplia diversidad de condiciones edafoclimáticas, incluso adversas. Sin embargo, para que su cultivo resulte comercialmente rentable, primero, deberá brindársele las condiciones que

permitan expresar su mayor potencial de crecimiento, desarrollo, rendimiento y calidad de fruto. Conforme éstas se vayan cumpliendo, el éxito de las plantaciones comerciales dependerá principalmente del genotipo y tipo de material vegetativo utilizado, peso fresco de los vástagos, tipo de suelo y calidad en la preparación del terreno, densidad de plantación, mes de siembra, disponibilidad de humedad, temperatura, radiación y manejo agronómico, que incluye nutrición y aspectos fitosanitarios, de control de la floración y madurez del fruto. De su interacción resultará la duración del ciclo del cultivo (de siembra a cosecha del fruto, en su madurez idónea), el rendimiento y calidad de la fruta, así como su rentabilidad. Algunas condiciones, como la disponibilidad de agua, contenido de nutrientes del suelo, la radiación solar recibida, temperatura microambiental y otras más, pueden ser modificadas o manipuladas por el productor o técnico, mediante el uso de tecnologías de apoyo (acolchado plástico total, riego, fertilización y malla-sombra, entre otras), lo que amplía el rango de lugares propicios o potenciales para su cultivo rentable, lo cual deberá ser analizado a detalle antes de iniciar un proyecto productivo con este cultivo.

A continuación, se detallan los factores agroecológicos más importantes que influyen en el cultivo de piña, así como comentarios sobre las condiciones que prevalecen en la región productora del Bajo Papaloapan.

6.3.1 Ubicación geográfica

Las principales áreas de cultivo comercial de piña se encuentran entre las latitudes 30° N y S, (Bartholomew & Malézieux, 1994 citado por Paull & Duarte, 2011). Las plantaciones menos importantes se extienden en zonas subtropicales con climas favorables más allá de las latitudes 30 ° N y S e, incluso, bajo refugios protectores (Chan y Lee, 1985 citados por Paull & Duarte, 2011). Además, se tienen ubicados sitios de producción extremos, en la India en los 30°45' LN, y en Port Elizabeth, Sudáfrica en los 33°58' LS (Malézieux, Côte, & Bartholomew, 2003). Taiwán, Australia y Japón (isla de Okinawa) también producen piña en latitudes extremas, aunque la más destacada es la Isla Sao Miguel (37°47′ LN y 25°30′ LO) en las Azores de Portugal, donde se cultiva una pequeña superficie de alrededor de 150 hectáreas, exclusivamente bajo condiciones de invernadero, pero con un clima insular beneficiado

por el océano, como es también el caso de la isla de Okinawa, en Japón. Esta especie, originaria del trópico, ha demostrado adaptación a condiciones subtropicales que conllevan a valores más extremos de temperaturas (máximas y mínimas) y fotoperíodos (más largos y más cortos) por latitud, lo que implica un aumento en la duración de su ciclo de cultivo (de 12 meses en trópico cálido, hasta 36 meses en ambientes subtropicales fríos) para alcanzar un mismo peso de planta y fruto, una mayor incidencia de floraciones prematuras invernales (de cero en trópico cálido ecuatorial, a 100 % en latitudes mayores subtropicales con ambiente frío) y diferente potencial productivo y de calidad. Los cultivares de piña también muestran una variación considerable en el crecimiento de la planta y tamaño de fruto cuando se cultivan en diferentes entornos. Una mayor variación en la respuesta del rendimiento del cultivar se produce en entornos menos favorables (Paull & Duarte, 2011).

En México, las regiones piñeras están ubicadas entre los 15° y 20° de latitud N y los 87° y 105° de latitud O. El 95 % de la superficie de plantaciones comerciales están en la Cuenca Baja del Papaloapan (Veracruz y Oaxaca) y La Chontalpa (Tabasco), mismas que se localizan entre los 17° 30´ y 18° 15´ de latitud N y los 93° 15´ y 95° 55´de latitud O. En estas regiones, el ciclo de plantilla va de 12 a 20 meses, con un promedio de 14 meses en plantaciones de exportación y 18 meses para las de mercado nacional. Aun cuando no corresponden a latitudes extremas, en estas latitudes ocurren condiciones que afectan periódicamente el crecimiento y el desarrollo de los cultivos de piña, esto por efecto del fotoperíodo, marcadas diferencias en temperatura entre verano e invierno, regímenes de lluvia estacionarios e irregulares, y otros que en latitudes ecuatoriales o cercanas al ecuador, no son de tal consideración.

6.3.2 Altitud

La piña se cultiva en regiones tropicales y subtropicales, desde el nivel del mar, hasta los 800 msnm (Sánchez & Caraveo, 1996), siendo en este rango donde se tienen las mayores perspectivas de éxito, ya que en alturas mayores se reduce la longitud y anchura de las hojas, se alarga el pedúnculo y los frutos son pequeños y con “ojos” salientes y puntiagudos. Sin embargo, cabe señalar que se le ha visto crecer de manera normal a una altura de 1,500 msnm en algunas regiones de América Central (Rebolledo et al., 2011), tal vez por el efecto ecuatorial.

En México, las plantaciones ubicadas en el Bajo Papaloapan y La Chontalpa, así como las del resto del país, están entre los 15 y 200 msnm, predominando alturas de entre 30 y 80 msnm, por lo que este factor no representa problema para su desarrollo.

6.3.3 Fotoperíodo

La duración del día tiene influencia sobre la planta de piña, pues regula en gran parte la duración de su ciclo y, de manera importante, el proceso de floración natural (Sánchez & Caraveo, 1996). No todas las variedades son afectadas por el fotoperíodo con la misma intensidad; influye en la floración de "Cayena Lisa" y "Cabezona" pero no en "Española Roja". MD2 es dos veces más susceptible a este problema que Cayena Lisa, mientras que Champaka, clon derivado de Cayena Lisa, presenta sólo la mitad de susceptibilidad a la floración natural prematura que esta última.

La piña Cayena Lisa ha sido clasificada por Gowing (1961) como una planta de día corto cuantitativa, pero no obligada (Paull & Duarte, 2011). Friend y Lydon; Gowing; Friend, citados por Bartholomew (1985) señalan que a un fotoperíodo de 8 horas y temperatura de 20 °C se logra la mayor promoción de la floración natural en esta variedad, en comparación con ambientes de 15, 25 y 30 °C y el mismo fotoperíodo (Ruiz et al., 2013). En México, en las dos principales regiones productoras (Bajo Papaloapan y La Chontalpa) hay una diferencia relativamente significativa (de 2 horas y 10 minutos) en la duración del día/noche durante el año, ya que el día dura 13 horas y 13 minutos durante el solsticio de verano, mientas que dura sólo 11 horas y 03 minutos en el solsticio de invierno. Esto trae consecuencias en el ritmo de crecimiento de las plantas y en la respuesta a las inducciones florales. De hecho, las indeseables floraciones naturales, asociadas a menos horas-luz y bajas temperaturas, que ocurren principalmente durante la época invernal, pueden alcanzar valores de hasta el 80 %, mientras que en latitudes más ecuatoriales éstas no rebasan el 10 %.

6.3.4 Luminosidad

La luminosidad tiene una acción marcada en el crecimiento vegetativo, rendimiento, calidad y coloración del fruto (Sánchez & Caraveo, 1996). Cuando la luminosidad es escasa, las hojas se alargan, pierden anchura, permanecen erguidas y presentan

un color verde obscuro; cuando es muy fuerte, el follaje se pone amarillo o rojizo, lo que puede estar asociado a daños por radiación. Asimismo, Sánchez y Caraveo (1996) afirman que una alta intensidad luminosa, la cual es común en las regiones piñeras de México, puede provocar quemaduras en los frutos de piña. Si existe una luminosidad adecuada, pero la temperatura es baja, la fruta obtiene una coloración rojiza en la cáscara. Los días nublados normalmente aumentan el grado de acidez, por lo que se recomiendan al menos 5 horas diarias de luz solar, aunque esto es relativo a la zona. Por ejemplo, en Ecuador, en zonas donde ocurre la mitad de este tiempo, se han conseguido piñas de excelente calidad (Chucho, 2012).

El cultivo de piña requiere una luminosidad de 1,200 a 1,500 h/año (Rebolledo et al., 2011). Estas condiciones de luminosidad se rebasan probablemente en todas las regiones productoras de México, ya que prácticamente en todas éstas se reportan daños por quemaduras en plantas y frutos durante casi todo el año. Problemas que con seguridad se deben a excesos en la radiación solar, como se discute adelante.

6.3.5 Radiación solar

Dado que la planta de piña transpira poco o nada durante el día, resultado de su ciclo fotosintético tipo CAM, se esperaría que la radiación tuviera poco efecto sobre su transpiración. Sin embargo, una alta radiación tiende a incrementar la tasa y duración de la fijación de CO_2 por la planta durante la Fase IV, al hacer que los estomas de las hojas abran más temprano durante el atardecer, lo que genera una mayor transpiración a mayor radiación (Nose, et al, 1981, citados Malézieux et al., 2003).

La radiación solar, además de ser importante en el crecimiento, desarrollo y calidad de fruta de piña, está relacionada con la concentración de azúcares (grados brix) y la acidez de la fruta.

El valor máximo de potencia radiante que llega al Planeta Tierra, conocido como Constante Solar, es de 1,367 W/m2; la que finalmente llega a la superficie terrestre depende de la nubosidad, latitud, época del año, entre otros. En las regiones piñeras de México son frecuentes los daños a hojas y frutos por exceso de radiación durante casi todo el año, por lo que es necesaria su protección. De acuerdo a datos disponibles, los valores de radiación son mayores en las regiones productoras del Pacífico y Península de Yucatán que en la región del Bajo

Papaloapan; sin embargo, en el Pacífico los daños se reportan de menor consideración. En la región Bajo Papaloapan, el daño por deformaciones y quemaduras externas de los frutos se ha presentado, aparentemente, a partir de los 800 a 900 W/m2 o tal vez menos, en frutas más maduras, incluso en noviembre y diciembre. Valores cercanos o mayores a 1,000 W/m2 ocurren frecuentemente, cuando se presentan condiciones de "atmósfera limpia", por ejemplo, cuando el cielo se despeja después de una lluvia y la radiación incide sin ningún obstáculo (nubes, polvo, humo, etc.) sobre los cultivos de piña.

Los daños directos a hojas (órganos más tolerantes a excesos de la radiación que los frutos), así como el "cocimiento interno" de los frutos son posibles a partir de 18-20 MJ/m2 acumulados por día, incluso en frutos protegidos con la malla-sombra, principalmente en frutos de madurez avanzada (por mayor contenido de agua) en campo, como son la mayoría que va destinada al mercado fresco nacional. A pesar de que a la fecha esto no se ha demostrado de manera científica, los responsables de las plantaciones (técnicos o productores) lo tienen muy presente, incluso en el mes de diciembre, cuando se presenta el promedio de radiación más bajo (17 MJ/m2 por día), el riesgo de daño a los frutos por quemaduras externas e internas siempre está presente. Sin embargo, la experiencia de productores y técnicos regionales indica que no conviene correr riesgos innecesarios y lo mejor es proteger la cosecha durante todo el año, ya que las condiciones de radiación pueden cambiar de un día a otro y los frutos se pueden"flamear" o "quemar" en unas cuantas horas.

En las plantaciones desarrolladas a cielo abierto, las plantas, frutos y vástagos de piña están expuestos a todo tipo de quemaduras durante todo el año. Si bien existen métodos convencionales de protección del fruto (con papel periódico, rafia y hojas de piña, restos secos de pastos, etc.) que aminoran los daños, ninguno de ellos logra una protección al 100 %, ya que entre 10 y 20 % de los frutos son rechazados o castigados en su precio de venta por presentar anomalías relacionadas a daños por sol.

Para resolver el problema de daños por sol existen algunas propuestas "técnicamente innovadoras" que se ofrecen regionalmente desde hace unos 15 años, para plantaciones con mediana y alta densidad. Estos métodos se basan en la aplicación, sobre la superficie del fruto y las hojas de la piña, de polvos blancos

de caolinita, óxido de calcio y otros productos similares mezclados con agua y adherentes, que supuestamente refractan la radiación excesiva, evitando así el daño a la epidermis de hojas y frutos. También se promueve el uso de "reductores de estrés", que se supone hacen que las plantas y sus órganos se mantengan sanos y sin daños aun bajo altos niveles de radiación, entre otros factores negativos. Sin embargo, ninguno de ellos ha demostrado ser funcional, por ser costosos y su uso implica múltiples y frecuentes aplicaciones, ya que en las lluvias o en los riegos por aspersión que se dan en la época seca, los productos son lavados, con la consecuente pérdida de la función específica para lo que fueron aplicados. Posiblemente la caolinita y el óxido de calcio utilizados para proteger hojas, o bien frutos en sus etapas tempranas de madurez, puedan funcionar parcialmente, pero no cuando el fruto aumenta su contenido de agua y se acerca a su madurez natural.

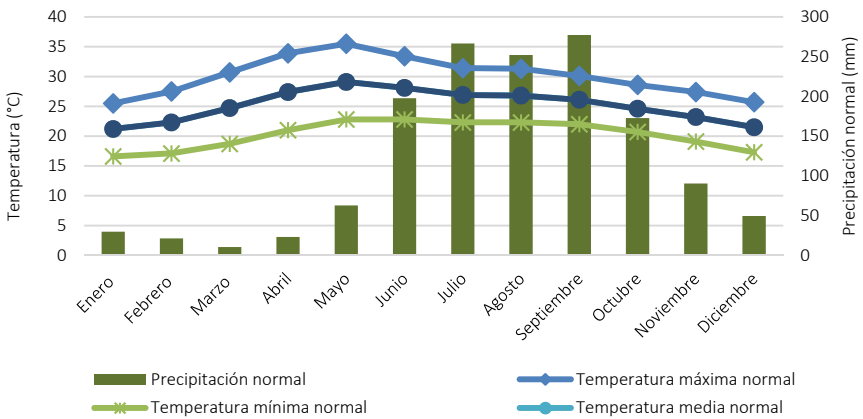
En contraste, la protección que brinda la malla-sombra plástica (que el INIFAP propone como la mejor alternativa técnica para reducir al máximo este grave problema) es constante e independiente a la frecuencia e intensidad con que ocurren las lluvias o se aplican riegos por aspersión al cultivo, o de la época del año. La malla-sombra plástica debe tener un 50 % (o 60 %, en los meses más críticos o en regiones con mayor incidencia de radiación) de color negro y ser colocada de manera oportuna y correcta sobre el dosel de las plantas, en las etapas críticas de desarrollo del cultivo y fruto.

6.3.6 Temperatura

La temperatura anual requerida para un adecuado crecimiento de las plantas de piña oscila entre 23 y 30 °C, con un óptimo de 27 °C. El crecimiento de raíces y hojas es prácticamente nulo a temperaturas menores de 21 °C y a mayores de 35°C. Temperaturas inferiores a 23 °C aceleran la floración, disminuyendo el tamaño del fruto y haciéndolo más ácido y perecedero; mientras que temperaturas superiores a 30 °C pueden quemar la epidermis y tejidos subyacentes ocasionando lo que se llama "golpe de sol" (Santoyo & Martínez, 2011). La temperatura es el factor más importante en la producción, jugando un papel fundamental en la formación, madurez y calidad del fruto (Santoyo & Martínez, 2011). En frutos que se desarrollan en regiones donde prevalecen temperaturas y niveles de radiación bajos, el contenido de ácido se incrementa y los sólidos solubles disminuyen; en contraste, frutos cosechados en

Cuba, Filipinas y México contienen menor cantidad de ácido y mayores valores de azúcares (Rebolledo et al., 2011).

Figura 27.
Información climatológica histórica de la estación 00030143 Juan Rodríguez Clara, Veracruz



Fuente: Elaboración propia con información de las normales climatológicas publicadas por CONAGUA (2017).

En la región del Bajo Papaloapan se han presentado, durante algunos años, temperaturas extremas de 6 °C (invierno) y 44 °C (primavera-verano), las cuales indican que el manejo agronómico del cultivo de piña no resultará fácil, como se establece en los programas de manejo teóricamente instrumentados. Si se consideran menos de 20 °C y más de 30 °C las temperaturas que afectan el desarrollo de la planta, en la región del Papaloapan, el período de crecimiento potencial se ve muy reducido, ya que estos valores son frecuentemente rebasados durante el año, superando los 30 °C y menores de 20 °C.

6.3.7 Requerimientos hídricos

Las piñas se producen bajo una amplia gama de precipitación, de 600 mm a más de 3,500 mm anuales, con una óptima para un buen cultivo comercial de 1,000-

1,500, mm, bien distribuidos durante todo el año (Paull & Duarte, 2011), los que equivalen a 3-4 mm por día. Su fisiología la hace poco exigente y soporta regímenes desde 1,000 milímetros anuales, siempre y cuando las aportaciones de agua ocurran bien distribuidas.

Aunque es poco exigente, la falta de agua en la etapa inmediata después de la siembra y en el inicio de la floración y formación del fruto retarda el crecimiento de la planta y reduce el tamaño del fruto (Santoyo & Martínez, 2011). Es una especie muy resistente a la sequía; retiene hasta el 7 % del agua absorbida (mientras que la mayoría de las especies vegetales sólo retienen el 0.5 %) y sólo requiere 30 litros de agua para formar 1 kg de materia seca (MS), otras especies consumen hasta 300 litros para lograrlo. En estado vegetativo, la planta de piña tolera de cuatro a cinco, e incluso más, meses de sequía, aunque hay diferencias entre variedades, siendo más tolerantes las variedades del grupo Español que las del grupo Cayena. Estas últimas se desarrollan mejor en precipitaciones anuales de 1,300 a 1,500 mm (Benacchio, 1982 citado por Ruiz et al., 2013). En condiciones en las que la evapotranspiración máxima es de 5 a 6 mm/día, la absorción de agua comienza a reducirse cuando se ha agotado alrededor del 50 % del agua disponible en el suelo (Doorenbos & Kassam, 1979). En localidades donde ocurren lluvias más de tres meses con menos de 60 mm, se reduce la probabilidad de obtener cosechas abundantes y de buena calidad durante todo el año. Durante los dos meses posteriores a la siembra, la planta ocupa la humedad disponible casi sólo para la emisión de las raíces que le permitan su adecuado establecimiento en el suelo, por tanto, es muy importante que se evite un déficit hídrico, ya que en un suelo seco las raíces mueren rápidamente.

Después de esta fase de establecimiento y arraigo, los requerimientos diarios de agua son de 1 a 2 mm, pero como la cobertura del suelo por la planta en esa etapa es mínima, más aún cuando se cultiva a suelo desnudo, el consumo total diario se incrementa de 4 a 5 milímetros por día (Uriza, 2011).

Por otro lado, cuando hay demasiada humedad en el suelo, más aún cuando el agua está libre (más allá de la capacidad de campo), las raíces más afectadas empiezan a asfixiarse y mueren, lo cual se traduce en un atraso en el crecimiento vegetativo; la planta reacciona emitiendo nuevas raíces, gastando energía en ello. Si el exceso de humedad se prolonga, las nuevas raíces pueden morir y entonces

la planta cesa en su crecimiento y toma un color rojizo (en Cayena) o verde muy pálido (en MD2), por tanto, es necesario construir anticipadamente un sistema que permita drenar los excesos de agua del terreno, ya que es preferible que la planta sufra un poco por la falta de agua y no por un exceso de la misma. Los sistemas de drenaje en las plantaciones son totalmente necesarios, principalmente en terrenos planos o con áreas que acumulan mucha humedad durante la época de lluvias (Rebolledo et al., 2011).

Las zonas piñeras de Veracruz y Oaxaca basan el 85 % de su cultivo en sistemas de temporal, aprovechando las condiciones climáticas en la región del Papaloapan. El porcentaje restante de las plantaciones realiza riego de auxilio o complementario.

En México, los valores de lluvia en el Bajo Papaloapan y La Chontalpa varían desde 1,000 a 1,800 mm/año y de 1,800 a 2,500 mm/año, respectivamente. Estos rangos pueden considerarse adecuados para las variedades de piña cultivadas, siempre y cuando estén bien distribuidos durante el año. Sin embargo, tal situación no ocurre, pues los cultivos sufren en promedio entre dos y tres meses de déficit hídrico. Las experiencias locales indican que según el año y la región, el período de sequía o de baja humedad puede prolongarse hasta por seis meses en el Bajo Papaloapan y hasta tres en La Chontalpa. Así, pueden presentarse períodos de escasez de humedad dentro del mismo temporal, donde se interrumpen las lluvias hasta por un mes, como ocurre frecuentemente entre agosto y septiembre durante el llamado período de “canícula” o “sequía intraestival”. En la localidad de Isla, Veracruz, se han presentado años con no más de 700 mm de lluvia anual y otros con incidencia de ciclones tropicales que han superado los 2,000 mm.

Esta enorme variación e imprevisibilidad de los volúmenes de agua que aportan las lluvias durante un año, obliga principalmente a los productores y empresas relacionadas al mercado de fruta de exportación que tienen compromiso de cumplir con sus contratos, a tomar las medidas necesarias para prevenir y solventar este problema, a través del uso de riego complementario, acolchado plástico y malla-sombra.

En la mayoría de las regiones productoras de piña en México, las condiciones del clima son más fluctuantes, intensas y con valores más extremos durante el año, comparadas con otras regiones de países ubicados en latitudes más ecuatoriales,

como Costa Rica, Panamá, Colombia y el propio Ecuador. Por ejemplo, en la región del Atlántico en Costa Rica las lluvias promedian los 3,300 mm anuales, los días al año con lluvia promedian 200 y los meses secos (menos de 60 mm) sólo son marzo y abril. Caso contrario ocurre en la región del Bajo Papaloapan donde el promedio anual de precipitación es de 1,300 mm, los días con lluvias son sólo 80 y los meses en los cuales no se satisfacen las necesidades mínimas de agua (60 mm) son entre cuatro y seis meses (diciembre a mayo). En ambas regiones marzo es el mes más seco, sin embargo, en ese mes en Costa Rica ocurren 40 mm, mientras que en el Papaloapan solo 13 mm. Para resarcir este déficit de humedad, aumentar el período de siembras y evitar que las plantaciones entren a una condición de bajo o nulo crecimiento, el INIFAP propuso utilizar la tecnología del riego, principalmente presurizado. Así, las primeras pruebas y demostraciones en campo se dieron a inicios de los noventa, tanto en aspersión como en goteo (Toral, Uriza & López, 2013).

La piña MD2 es ahora el cultivar que más ha incorporado sistemas de riego (más por aspersión, que por goteo). Para las condiciones de los suelos donde se cultiva piña en México, los sistemas de riego recomendados son preferentemente, goteo, mientras que aspersión es una opción secundaria. Sin embargo, existe una predominancia de la aspersión sobre el goteo de al menos un 95 %. Esto se debe, principalmente a fallas en la distribución del agua por rotura de las cintillas (por roedores, coyotes y otro tipo de fauna silvestre, además de los mismos trabajadores al sembrar las plantas o deshierbar con tarpalas), pero también porque las plantas no aprovechan adecuadamente la humedad y demás insumos que se depositan en el suelo por goteo, por tener su sistema de raíces subterráneas afectadas, ya sea por plagas o enfermedades del suelo (o ambas), lo que reduce su eficiencia. Mientras tanto, en el riego por aspersión el agua es captada por las hojas y concentrada en su centro, donde es aprovechada por los mismos tejidos basales de las hojas y el sistema de raíces adventicias que rodean la parte media e inferior del tallo, además de la que les escurre a las pocas raíces subterráneas funcionales (Uriza, 2011).

Las empresas exportadoras y algunos productores con grandes superficies, son quienes principalmente poseen la mayoría de los sistemas de riego en la región. De acuerdo a estimaciones propias, con base a un recuento entre las fincas piñeras conocidas en la región del Bajo Papaloapan, La Chontalpa y Tecomán, Colima, al

menos 2,000 de las 20,000 hectáreas que se siembran anualmente en México tienen riego, lo que representa entre el 10 y 15 % de la superficie cultivada.

Los resultados obtenidos por el INIFAP para aumentar la eficiencia en el uso del agua en este cultivo, muestran que la protección del suelo con acolchado plástico total reduce en al menos un 50 % la pérdida de la humedad; la malla-sombra por sí sola, colocada sobre el dosel del cultivo, la reduce en un 30 %; mientras que la acción combinada de ambos (acolchado + malla-sombra) reducen su pérdida hasta un 70 %. Lo anterior es consecuencia de una menor evapotranspiración (evaporación del agua del suelo y de las plantas). Por tanto, la humedad captada de las lluvias y los riegos es mejor aprovechada, asimismo, el número de riegos y el volumen de agua aplicados se reducen hasta en un 60 %, con un ahorro en gastos de aplicación, energía y consumo del vital líquido, reduciendo así la sobre-explotación del manto freático y cuerpos de agua superficiales.

En el estudio "Riego presurizado con uso de energía renovable en piña MD2", realizado por el IMTA (2013), con participación del INIFAP, se concluyó que para mantener la humedad disponible en un nivel aceptable para el cultivo, son necesarias las siguientes láminas de riego diarias, según la condición de manejo de la plantación: 3.5 mm, en suelo desnudo y cielo abierto; 2.4 mm, en suelo con acolchado plástico total, y sólo 1.5 mm, para un suelo con acolchado plástico total combinado con malla-sombra. Esto es el 100, 70 y 40 % de la lámina o gasto de agua en cada uno de estos tres sistemas de manejo del cultivo, respectivamente. Estos valores, pueden disminuir aún más si se apoyan con muestreos de humedad de suelo y de contenido de humedad en plantas, realizados en campo de manera frecuente y oportuna, para así definir la aplicación del riego con mayor certeza y precisión.

La manera más precisa de determinar el porcentaje de humedad del suelo (Humedad total o HT) es mediante el método gravimétrico; sin embargo, la humedad de mayor interés es la Humedad aprovechable (HA) por las plantas, en este caso, de piña. Para ello es necesario conocer los valores del suelo de nuestro interés (determinados en Laboratorio de Suelos) denominados Capacidad de campo (CC) y Punto de marchitamiento permanente (PMP), ya que entre esos valores está comprendida la HA. Como ejemplo, podemos tomar el típico suelo piñero del INIFAP-Papaloapan en Isla, Veracruz, clasificado como Cambisol dístrico,

con textura migajón-arenoso y cuyos valores son: punto de saturación de campo (SC), 15 %; CC, 10 % y; PMP, 5.4 %. Por lo tanto, la humedad aprovechable (HA) por las plantas queda comprendida entre los 5.4 % y 10 % de HT del suelo. Entonces, los porcentajes de HT equivalentes a porcentajes de HA, son: [5.4 % HT= 0.0 % HA], [6.3 % HT= 25 % HA], [7.2 % HT= 50 % HA], [8.2 % HT= 75 % HA] y [10.0 % HT= 100 % HA].

Dado que a las raíces de la planta les beneficia contar con una buena disponibilidad de oxigenación en el suelo, lo ideal es que la humedad total (HT) del suelo oscile entre 7.2 % y 8.2 % (50 % y 75 % de la HA, respectivamente). Invariablemente, cualquier medidor de humedad que sea utilizado en campo debe calibrarse con los resultados de este método gravimétrico, que es el más confiable de todos, considerando los valores locales de SC, CC y PMP de los diferentes tipos de suelo en las fincas, ya que el ejemplo anterior es sólo de referencia.

6.3.8 Humedad relativa

Una humedad relativa promedio del 70 % favorece a las plantas y frutos de piña (da Silva & Reinhardt, 2007; Sánchez & Caraveo, 1996). Períodos de humedad relativa muy baja (menos del 50 %) pueden causar la fractura y el agrietamiento de la fruta durante la fase de maduración (da Silva & Haroldo, 2007).

En el Bajo Papaloapan los valores mínimos diarios de humedad relativa se presentan en primavera, donde disminuyen hasta 55 %, mientras que los mayores ocurren en invierno, con promedios de 85 %. Los valores máximos pueden alcanzar el 100 % durante todo el año, casi siempre en las primeras horas del día y aun más tarde, si las condiciones de lluvia, nubosidad y vientos lo permiten. Este es un significativo diferencial de valores en esta variable climática durante el día y por época del año. Por tanto, en respuesta a lo anterior, la malla-sombra contribuye a mantener un ambiente más húmedo bajo su cobertura; asimismo, se evita que los vientos secos durante la época de “suradas” (febrero-mayo) reduzcan los contenidos de humedad de las plantas y frutos en desarrollo o a punto de ser cosechados; en frutos, los bajos niveles de humedad frecuentemente causan daños y agrietamiento en cáscara, provocando la secreción de su jugo. En general, la malla-sombra, el acolchado plástico total y el riego, utilizados en conjunto, contribuyen a reducir los daños mencionados.

6.3.9 Suelos

La piña se cultiva en una amplia variedad de suelos, desde los que tienen alto contenido orgánico como es el caso de Malasia, suelos originados de cenizas volcánicas como Hawái y muchas islas del Caribe y partes de las Filipinas, hasta suelos muy arenosos como los de sur de Queensland y el norte de África del Sur (Hepton, 2003). Sin embargo, los suelos idóneos para el crecimiento de la piña son ácidos (4.5 a 5.5 pH), con un alto contenido de materia orgánica (mayor a 2.5 %), con buen drenaje y aireación para proporcionar las cantidades óptimas de agua, nutrientes y oxígeno a las raíces de la planta (Haroldo, da Silva, & Pinto, 2000; Hepton, 2003).

Las texturas óptimas son arcillo-arenosas, areno-arcillosas y arenosas, siendo una textura media satisfactoria cuando se tiene 70 % de arena, 20 % de limo y 10 % de arcilla (Sánchez & Caraveo, 1996). Es preferible utilizar suelos pobres con una adecuada textura (ligera), que suelos fértiles con texturas pesadas (Rebolledo et al., 2011). En el contexto anterior, los suelos de textura intermedia (15 a 35 % de arcilla y más de 15 % de arena) presentan buenas características físicas para el desarrollo del cultivo, incluso da Silva y Haroldo (2007) sugieren que algunos terrenos de textura un poco más arcillosa (más 35 % de arcilla), como los Oxisoles, pueden ser utilizados, siempre y cuando tengan un buen drenaje interno. En cambio, los suelos limosos (menos de 35 % de arcilla y 15 % de arena) deben evitarse, ya que el limo afecta notablemente la circulación del aire y el agua en el suelo (Pinon, 1978 citado por da Silva & Haroldo, 2007).

Debido a que las raíces prosperan más hacia los lados, son suficientes 30 cm del suelo en buenas condiciones (Sánchez & Caraveo, 1996). El sistema radical de la piña es somero y extendido. En suelos profundos, las raíces pueden llegar hasta 1 m, pero éstas generalmente se concentran en los primeros 30 a 60 cm, de los cuales normalmente se extrae el 100 % del agua (Doorenbos & Kassam, 1979). Prácticas como el subsoleo ayudan a mejorar la penetración de las raíces y el drenaje interno (Rebolledo et al, 2011), para evitar encharcamientos.

El rango óptimo de pH va de 4.5 a 5.5, resaltando que el cultivo puede ser más afectado negativamente cuando se supera el límite (5.5), que cuando se acidifica a menos de 4.5 (Rebolledo et al., 2011), ya que está adaptado a condiciones de alta acidez y altos contenidos de Al y Mn (Malézieux & Bartholomew, 2003).

En general, los suelos regionales muestran características físicas y químicas apropiadas para el desarrollo del cultivo de piña, sin embargo, las propiedades químicas son propensas a deteriorarse de manera importante con el tiempo debido a la histórica falta de aplicación de prácticas de conservación y mejoramiento del suelo, la quema de los restos del cultivo anterior y a la sobreexplotación del suelo (Zetina, Rebolledo, & Uriza, 2005).

De acuerdo con los resultados más importantes del "Diagnóstico de la Calidad de los suelos cultivados con piña en el sur del estado de Veracruz" (aplica para los suelos piñeros del norte de Oaxaca), realizado en 2008 por el INIFAP, se tiene que algunas prácticas de manejo de cultivo utilizadas durante muchos años para la producción de piña en el sur de Veracruz, han dejado un efecto negativo sobre algunos de los componentes de la fertilidad física y química de los suelos. Dentro de las propiedades físicas más afectadas en los suelos cultivados con piña, están la baja velocidad de infiltración del agua en el suelo y los altos niveles de compactación de la capa superficial, ambas provocadas por un fuerte deterioro de la estructura del suelo y una sustancial disminución de su materia orgánica. En cuanto a los componentes de la capa arable de estos suelos, los aspectos más importantes que han sido observados son:

Textura. El 100 % de los suelos tienen una textura adecuada para el desarrollo de este cultivo. Esto significa que su contenido de arena, limo y arcilla no limitan el desarrollo del sistema radical. Al no existir limitantes físicas, químicas o biológicas, la planta puede desarrollar un sistema radical vigoroso y profundo. Sin embargo, por su textura arenosa, estos suelos deben ser bien manejados ya que esta característica los hace muy susceptibles a un rápido deterioro. El 82 % de los suelos muestreados presentaron un contenido de arena que varió de 60 a 85 % y sólo 7 % registró valores menores a 60 %. En lo que se refiere al contenido de arcilla, sólo 2 % de las muestras tuvieron más de 20 %, mientras que el 73 %, registraron valores menores a 10 %.

Velocidad de infiltración. Se evaluó el promedio de velocidad de infiltración realizado en 165 pruebas en 55 plantaciones comerciales de piña en etapa de inducción floral, con un contenido máximo de 10 % de humedad en la capa arable del suelo: la velocidad de infiltración más alta (64 a 95 cm/hora) se presentó durante los primeros 10 min y después de 20 min, la velocidad de infiltración se mantuvo

constante a una velocidad de 20 cm/hora. Dadas las condiciones del terreno y los valores observados en la mayoría de las pruebas realizadas, es posible tomar este último dato como el valor promedio de infiltración básica de estos suelos. Esta información manifiesta que una lluvia intensa (o un riego de aspersión con cañones, de intensidad similar) con una duración superior a los 10 min, podría provocar un escurrimiento superficial, con el cual se removerían partículas de suelo y nutrimentos, especialmente en terrenos con pendiente pronunciada y de textura arenosa. Los valores de infiltración encontrados indican que el 22 % del área bajo cultivo podría estar severamente afectada en su capacidad para permitir el ingreso del agua a la zona donde se desarrolla el sistema radical de la piña, sólo un 10 % presenta niveles óptimos de infiltración y, en consecuencia, una menor predisposición a la degradación por erosión hídrica. Es muy probable que la baja velocidad de infiltración esté asociada al gran impacto negativo que tiene el sistema de labranza sobre la estructura del suelo y al bajo contenido de materia orgánica. En estos sitios, se sugiere al productor redoblar esfuerzos para conservar la productividad de su suelo mediante el uso de prácticas de conservación y el incremento de materia orgánica.

pH del suelo. Esta propiedad química del suelo es la variable más afectada en los suelos piñeros regionales por las prácticas agrícolas que se realizan. El pH ha disminuido de manera sustancial, a causa de la reducción en el contenido del calcio, magnesio y potasio, provocado por la lixiviación, arrastre y extracción de estos nutrimentos en los vástagos y frutos cosechados. En consecuencia, las relaciones iónicas calcio-magnesio-potasio están desequilibradas, alcanzando proporciones que teóricamente podrían afectar la disponibilidad de potasio y magnesio. Este proceso es más notable en los suelos de textura arenosa y con más años de cultivo.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el diagnóstico, los valores de pH en agua variaron desde 2.9 en suelos del ejido Isla, hasta 5.2 en una “matilla” sin cultivar en el ejido Casas Viejas del municipio de Juan Rodríguez Clara, Veracruz. El valor promedio de la serie de datos analizados (con una muestra n = 168 parcelas) fue de 3.8, con una desviación estándar de 0.51; la mediana tuvo un valor de 3.7; mientras que la moda (valor que se presentó con más frecuencia) fue de 3.6. Los datos obtenidos indican que sólo el 10 % de los suelos muestreados registraron un

valor adecuado dentro del rango óptimo definido para el desarrollo del cultivo, y que el 90 % restante se encuentra por debajo del límite inferior (pH = 4.5), lo cual es grave por las limitaciones que se presentan en el manejo de la nutrición del cultivo.

Ese 90 % de suelos restantes, presenta una disminución gradual del pH con el siguiente orden, en rangos redondeados: 4.5 a 4.0 = 25 %, 4.0 a 3.5 = 40 % y < 3.5 = 25 %. La frecuencia de valores de pH registrada por debajo del límite inferior del óptimo establecido para el cultivo de la piña (4.5) refuerza lo señalado por Zetina et al. (2005) con respecto al fuerte deterioro de la fertilidad química que sufren los suelos, que han sido cultivados con piña durante muchos años en la principal región piñera de México. Dos terceras partes del área cultivada con piña tienen una condición preocupante, pues desde el punto de vista teórico, el aluminio intercambiable es totalmente desplazado por los iones hidronio (H_3O+), que se encuentran en el complejo de intercambio en forma libre o intercambiable, para convertirse en la fuente principal de acidez del suelo (Aguirre, 2000).

En casos extremos se encuentran los suelos que registran un pH menor de 3.0, los cuales presentan una frecuencia del 25 %; en ellos, Aguirre (2000) reporta la posible presencia de sulfuros metálicos como el FeS o el mineral denominado pirita (FeS_2). En estos niveles de acidez, la concentración de iones hidrógeno en la solución del suelo deja de tener un efecto secundario sobre el desarrollo de los cultivos, para convertirse en un factor directo que impide el crecimiento del sistema radical, aun en especies tolerantes como la piña (Rebolledo et al., 2011). No obstante, en las áreas piñeras de México se carece de información que permita conocer con certeza lo que ocurre en la rizosfera del cultivo a estos niveles de pH.

Aluminio intercambiable. El aluminio no es un elemento esencial para el cultivo de la piña, pero su presencia en los suelos cultivados con esta especie puede ser un factor limitante para su desarrollo. En la mayoría de los casos su concentración en la solución del suelo se incrementa notablemente a medida que el pH del suelo disminuye, causando quemaduras en las partes más tiernas de las raíces. En otros casos interfiere en la absorción de fósforo, calcio, magnesio y potasio. Afortunadamente en los suelos cultivados con piña en el Bajo Papaloapan este elemento no existe en grandes cantidades, por lo que su concentración raras veces es muy alta, aun cuando el pH del suelo sea extremadamente bajo. De acuerdo con los resultados de los análisis realizados, el contenido promedio de este

elemento en la mayoría de los suelos es inferior a 1.0 meq /100 g de suelo, por lo que su presencia en la solución del suelo no representa un problema importante para el cultivo de la piña. Los sitios con un mayor contenido de este elemento se ubican en los ejidos Loma Alta y San Ramón pertenecientes a los municipios de Isla y Playa Vicente, respectivamente. Los sitios con una menor concentración de aluminio se encontraron en los ejidos de La Sabaneta, en Chacaltianguis y Los Tigres, Las Luisas, Colonia Domínguez, el Ciruelo y Mata Verde en el municipio de Juan Rodríguez Clara, Veracruz. Para su reducción, a niveles no significativos, se debe aplicar cal dolomítica, según el pH del suelo a enmendar.

Contenido de materia orgánica. Los porcentajes de materia orgánica encontrados en la región piñera del Bajo Papaloapan varían de 6.2 % en el ejido San Ramón del municipio de Playa Vicente, a 0.35 % en la finca “La Carmelita”, especializada en la producción intensiva de piña de exportación a suelo desnudo y cielo abierto, ubicada en el municipio de Isla.

El valor promedio de la serie de datos analizada (n = 165) fue de 1.8 %, con una desviación estándar de 1.1 y un valor modal de 1.6 %. Esto significa que el 30 % de los suelos piñeros son pobres (0.6 % a 1.2 %) y extremadamente pobres (<0.6 %) en contenido de materia orgánica; el 50 % son de un contenido medio (1.81 % a 2.4 %) a medianamente pobre (1.2 % a 1.8 %); mientras que el 20 % están clasificados agronómicamente como medianamente ricos (2.41 % a 3.0 %), ricos (3.01 % a 4.2 %) y extremadamente ricos (>4.2 %).

La mayoría de los suelos con mayor contenido de materia orgánica coinciden con aquellos que presentan menor contenido de arena, mientras que los que menos materia orgánica tienen son los que llevan más años de ser explotados con piña de manera continua. Estos suelos se ubican frecuentemente en áreas con pendientes mayores a 5 %, en los que se han implementado inadecuados sistemas de labranza y arreglos topológicos, donde además la falta de aplicación de sistemas de control de escorrentías podría incrementar su susceptibilidad a la erosión hídrica. Estos suelos son pobres por naturaleza y por tanto, en la medida que las condiciones climáticas favorecen su rápida descomposición, y si son sometidos durante muchos años a inadecuadas prácticas de manejo de cultivo, su deterioro se incrementa progresivamente.

Sobre la calidad química, física y biológica del suelo. De acuerdo a los resultados de las 165 muestras de suelo, obtenidas de lotes piñeros de la región del Bajo Papaloapan, la fertilidad general del suelo resultó predominantemente media-baja, con excepción de algunos donde puede considerarse como media. Es decir, en ninguno de los predios muestreados, la calidad química, física y biológica resultó con los niveles adecuados para este cultivo, a pesar de ser tolerante a condiciones de acidez.

Sobre las propiedades químicas del suelo. Los contenidos de la mayoría de los principales nutrimentos básicos resultaron de medianos a bajos, incluso en muchos casos sólo se encontraron trazas. Algunos como N, tienen valores medios y algunas veces, ligeramente ricos. Otros como P y Mn, presentaron en ocasiones valores más altos de lo conveniente, lo que representa un factor restrictivo para la disponibilidad de otros nutrientes, como Zn y Fe. Así también ocurre con el factor pH del suelo, ya que en la mayoría de las muestras la acidez resultó extrema (menor a 4.0 pH), lo cual limita el aprovechamiento de los nutrientes contenidos en el suelo y los aplicados adicionalmente al cultivo.

Sobre las propiedades físicas del suelo. Aunque la textura de la mayoría de suelos muestreados es adecuada para piña, no lo es el nivel de compactación que presentan, lo que restringe la capacidad de drenaje interno, su capacidad de almacenar humedad, el desarrollo y funcionamiento de la raíz de las plantas de piña y con ello el adecuado aprovechamiento del agua y nutrientes disponibles en el suelo, lo que resulta en una pobre nutrición del cultivo.

Sobre las propiedades biológicas del suelo. Aun cuando éstas no se han analizado detenidamente en la región del Bajo Papaloapan, Espinoza (2016) estudió dos sitios representativos de la región de Isla, Veracruz y encontró que la tasa de respiración basal en ellos fue de 20 kg CO_2/ha/d en promedio, con valores mínimos de 11 kg CO_2/ha/d, lo que indica que la actividad microbiológica del suelo es de mediana a baja y que se está alejado de una condición ideal. Así también, esta autora encontró que la diversidad microbiológica es escasa, pues promedian sólo 15 especies y sus poblaciones son muy pobres, al promediar sólo 30 Unidades formadoras de colonias/ml, por lo que se puede afirmar que como consecuencia del indebido manejo que se les ha dado a estos suelos piñeros, su calidad biológica ha mermado significativamente, por lo que ahora es considerada baja. Estas

condiciones favorecen a que las poblaciones de microorganismos dañinos se incrementen, como lo evidencia la alta incidencia de daños por nemátodos, hongos y bacterias en las plantaciones comerciales de piña en la región.

Todo lo anterior no implica que el potencial de rendimiento y la calidad de fruta de piña que se cosecha sean bajos, ya que en la práctica algunos productores regionales obtienen cosechas de hasta 110 t/ha de fruta fresca bajo condiciones de buen temporal, con fruta de 2.0 kg o más, de excelente forma y con al menos 12 °Brix y 0.5 de ácido cítrico, en ciclos de 16 meses en promedio. Sin embargo, estos resultados no son producto de la fertilidad natural de los suelos, sino de los grandes volúmenes de fertilizantes sintéticos que son aplicados durante su ciclo de cultivo, los cuales son suministrados en cantidades que oscilan entre 3 y 5 t/ha/ciclo.

7. Establecimiento y manejo de piña en campo

El ciclo de vida de la planta de piña, en un ambiente comercial no intensivo, normalmente se completa en 24 meses y comprende las siguientes etapas: i) desarrollo y crecimiento vegetativo (12 meses); ii) inducción, formación de la inflorescencia, desarrollo y crecimiento del fruto, maduración y cosecha del fruto (seis meses), y iii) emisión, desarrollo y cosecha de vástagos (seis meses). Cabe resaltar que la formación y brotación de la inflorescencia lleva 1.5 meses; el desarrollo y crecimiento del fruto otros 3.5 a 4 meses, y la maduración y cosecha del fruto alrededor de 15 días a un mes, dependiendo el mercado-destino de la cosecha.

Sin embargo, los actuales proyectos de producción comercial intensiva, las presiones financieras para reducir costos, la baja disponibilidad de terrenos aptos para nuevas siembras, la necesidad de intensificar el uso de los recursos e infraestructura, los altos costos de los insumos y la baja disponibilidad de mano de obra especializada, requieren de obtener los mayores rendimientos y calidad de fruta, en ciclos de cultivo cuya duración –entre la siembra de los vástagos a la cosecha del fruto, en el grado de madurez comercial requerido– no excedan los 14 meses y que, además se logre, al menos, uno o hasta dos ciclos adicionales ininterrumpidos, para aumentar la rentabilidad de esta actividad económica. Sin duda, lograrlo dependerá principalmente del tipo de suelo y calidad en la preparación del terreno, genotipo, tipo de material vegetativo utilizado, peso fresco

de los vástagos, densidad de plantación, mes de siembra, disponibilidad de humedad durante el ciclo, temperatura, radiación y manejo agronómico, que incluye nutrición y aspectos fitosanitarios, control de la floración y madurez del fruto.

La duración del ciclo puede prolongarse en su etapa de desarrollo y crecimiento vegetativo, hasta otros seis meses cuando no se brinda a la planta los requerimientos básicos, especialmente la humedad suficiente y el resguardo de los excesos de temperatura y radiación solar, lo cual ocurre frecuentemente cuando la piña se cultiva a suelo desnudo y en cielo abierto, como sucede en el convencional sistema de producción intensivo hawaiano, con el que se manejaba –desde la primera década del siglo XX, hasta la primera del siglo XXI– el 95 % de las 20 mil hectáreas que se cosechan anualmente en México.

Este sistema se basa en plantaciones establecidas en amplias áreas de terreno totalmente libres de vegetación arbustiva u otros obstáculos con el fin de permitir su preparación y manejo de manera mecanizada, para lo que se diseñan y construyen bloques o melgas de 30 m de ancho, en promedio, por el largo que permita el lote, con caminos laterales paralelos a ellas de 4 a 5 m de anchura, especiales para el acceso, tránsito y libre operación de vehículos, maquinaria y equipos especializados como los aspersores de alto volumen (con capacidad de 3 mil a 5 mil litros de agua y con uno o dos brazos aplicadores de 15 m de largo con 45 boquillas, en promedio). Según el grado de mecanización y tecnificación de cada finca, la cosechadora utilizada puede ser semimecanizada de banda continua y, además, contar con algún sistema de riego (aspersión con cañón, pivote central, microaspersión o goteo) (Crivelli, 2017; González, 2014; Rebolledo et al., 2011).

El sistema hawaiano, como técnica de producción, continúa siendo el más utilizado en las principales y más tecnificadas regiones piñeras del mundo por su alta y uniforme producción de fruta; relativamente fácil establecimiento y programación de los ciclos del cultivo; corto período de cosecha, y la innegable mayor posibilidad de mecanización, tanto del terreno como de labores, aplicación de insumos, e incluso de la propia cosecha (Rebolledo et al., 2011). Bajo este sistema, las plantaciones para mercado fresco nacional, proceso industrial y las especializadas en fruta de exportación, utilizan densidades de siembra que promedian 30, 40 y 50 mil plantas/ha, con rendimientos de 50, 60 y 70 t/ha de fruta comercial, respectivamente, en ciclos de “plantilla” generalmente de 24 meses (18

meses de siembra a cosecha del fruto y seis meses para desarrollo y cosecha de hijuelos). Por las difíciles condiciones edafoclimáticas, nutrimentales y fitosanitarias locales a que las plantas y frutos están directamente expuestos cuando se cultivan con el sistema hawaiano, las posibilidades de obtener un segundo o tercer ciclo (soca y resoca) de manera continua y rentable, son muy reducidas, por lo que, para volver a cosechar fruto comercial, los productores usuarios están obligados a preparar y remover mecánicamente el suelo en esos lotes y sembrar nuevo material vegetativo, reiteradamente, cada 2.0 a 2.5 años, por cada ciclo productivo convencional.

El rendimiento promedio actual de plantaciones convencionales para el mercado fresco nacional, conducidas bajo el sistema hawaiano, es equivalente a 25 t/ha/año, en ciclos de plantilla de 2.0 años; entre tanto, en las plantaciones especializadas para la exportación en fresco, el rendimiento es de 35 t/ha/año (70 t/ha en un ciclo de plantilla de 1.5 años, más otros seis meses al final para la cosecha de hijuelos), o de 30 t/ha/año cuando ocasionalmente se logra, además de la plantilla, un ciclo adicional de "soca" (70 t/ha en un ciclo de plantilla de 1.5 años, más 40 t/ha de un ciclo de soca de 14 meses, con un rendimiento total acumulado de 110 t/ha en 3.5 años, además de seis meses al final para la cosecha de hijuelos). A pesar de obtener estos aceptables rendimientos de fruta, el sistema hawaiano provoca graves y progresivos daños al suelo, cuerpos de agua y ambiente en general.

En este contexto, el sistema de producción hawaiano junto con los factores edafoclimáticos regionales, contribuyen de manera sustancial al desarrollo de los grandes problemas que aquejan a los suelos piñeros.

Por una parte, los suelos regionales Cambisoles y Acrisoles, ácidos, medianamente fértiles y muy frágiles por su textura ligera (70 % arena, 20 % limo y 10 % arcilla) y con topografía dominante de llanuras onduladas (pendientes del 1 al 10 %); por el otro, a menudo ocurren lluvias torrenciales, prolongadas y con alto potencial erosivo (≥20 mm/h), con acumulados de 50 hasta 200 mm en 24 horas, especialmente de mayo a diciembre, cuando cae el 85 % de los 1,500 mm de precipitación anual promedio. La rápida saturación por la reducida capacidad de infiltración de los terrenos de cultivo, combinada con las nulas o incompletas técnicas de prevención y control de la erosión hídrica en los campos de producción,

resulta en graves y frecuentes eventos erosivos (50 a 250 t de suelo/ha/ciclo), que aceleran la degradación física, química y biológica de los suelos piñeros.

La compactación del suelo ha reducido la capacidad de infiltración del agua y almacenaje de la humedad, por lo que sólo 10 % del área bajo cultivo mantiene niveles óptimos para permitir el ingreso del agua a la zona donde se desarrolla el sistema radical de la piña, lo que explica su mayor predisposición a la degradación por erosión hídrica, incluso en terrenos con pendientes que apenas superan el 1 %, independientemente del trazo de las camas, melgas, drenes y acequias, utilizadas principalmente en plantaciones tecnificadas (Rebolledo et al., 2011). En contraparte, la pobre capacidad de retención de humedad de los suelos arenosos, la irregular distribución de la precipitación a través del año, la ocurrencia de un período de "secas" de hasta seis meses con lluvias menores a 60 mm (mínima requerida) y otros de hasta 30 días, sin precipitación aun dentro del período de lluvias, hacen que la humedad disponible para las plantas y biota benéfica del suelo, sea desuniforme y frecuentemente insuficiente para sostener un crecimiento y desarrollo normal. Esto, en plantaciones a suelo desnudo y cielo abierto, se agudiza por la alta evapotranspiración que sobreviene por falta de resguardo (Rebolledo et al., 2011).

Como resultado de la erosión hídrica que los suelos sufren de manera histórica (Crivelli, 2017; González, 2014; Rebolledo et al., 2011) es común la presencia de mayores porcentajes de arena y gravilla (por la grave pérdida de limo, arcillas y materia orgánica); valores de pH promedio de 3.5, con extremos de 2.8; se ha mermado el 75, 65 y 50 % del contenido de magnesio, potasio y calcio; la materia orgánica es menor al 1 % o sólo hay trazas; por sobrefertilización, el nitrógeno y fósforo son 50 % y 200 % más abundantes de lo normal, causando daños por contaminación en cuerpos de agua subterráneos y superficiales, incluso, la eutrofización en la mayoría de estos últimos; los niveles de aluminio y manganeso se elevan 600 % y 100 %, respectivamente, dejando sin posibilidad de cultivarse a otras especies comerciales o nativas; mientras que las deficiencias de Zn, Fe, Cu y Mo, se incrementan y manifiestan con mayor intensidad en las plantaciones comerciales de piña y otros cultivos explotados regionalmente.

Con respecto al clima regional, aun cuando la temperatura media anual promedio es de 25 °C, la mínima y la máxima absolutas son de entre 7 y 44 °C, respectivamente, con oscilaciones térmicas de hasta 25 °C (40 °C a 15 °C, o 15 °C a 37 °C), que pueden

ocurrir en pocas horas, cuando sobrevienen los frentes fríos de invierno denominados “nortes”, con vientos de hasta 80 km/h, provocando alteraciones en la fisiología, crecimiento y desarrollo de las plantas y frutos, daños asociados también a lluvias repentinas e imprevistas, ocurridas fuera de temporada. Otro grave problema para el cultivo en la región es la excesiva radiación solar, ya que es común que durante el día, en la mayor parte del año, ocurran valores de entre 600 a 1,000 W/m^2, con extremos superiores a 1,100 W/m^2, los cuales resultan en graves quemaduras (esencialmente, provocadas por los rayos ultravioleta tipo B), deformaciones y alteraciones fisiológicas a las hojas, frutos e hijuelos de las plantaciones de piña expuestas directamente al sol. Al destruir e inhabilitar el tejido epitelial y fotosintético, se reduce la producción de fotosintatos, mientras que al dañar los tejidos superficiales e internos del fruto, éstos reducen su calidad comercial, por lo que se estima, se pierde anualmente del 25 al 50 % del rendimiento potencial y valor de la fruta. Basta un solo día con alta radiación (posiblemente 800 W/m^2, pero aún no determinado), para que se dañen del 40 al 70 % de ellos, según la densidad de población y grado de madurez del fruto. Así también, por estar a 18° LN y 95° LO, las diferencias de hasta 2:10 horas en la duración del día a través del año (solsticio de verano e invierno), interactúan con los demás factores que acentúan diversas condiciones de estrés del cultivo, por lo que, cuando la piña se cultiva a suelo desnudo y cielo abierto (sistema hawaiano convencional), se afecta negativamente la fisiología de las plantas y procesos de crecimiento, desarrollo, floración y maduración del fruto (Rebolledo et al., 2011; Uriza, 2011).

Aun cuando muchos de estos daños se le pueden imputar a las condiciones agroecológicas regionales, en realidad se deben a la falta de aplicación de las tecnologías y métodos más efectivos y eficientes para atenuar los efectos negativos de algunas de ellas en campo, sobre las que sí se puede tener cierta injerencia o control.

Mientras el sistema hawaiano convencional no sea sustituido por otra mejor opción tecnológica, seguramente seguirá siendo base para la producción de piña en México, agravado aún más por los problemas agroecológicos que causa.

Contrario a esto, cuando se provee a la planta con los requerimientos básicos de manera oportuna y suficiente, y además se le garantiza una mejor condición de humedad en el suelo y menor exposición a altas temperaturas y radiación solar, la

etapa vegetativa del cultivo se logra acortar hasta en cuatro a seis meses, por lo que el ciclo completo, entre la siembra de los vástagos y la cosecha del fruto se alcanza en 12 a 14 meses, con la posibilidad de que en los siguientes seis meses se logre una excelente cosecha de hijuelos o de utilizar algunos de ellos para una segunda y tercera cosechas continuas, ininterrumpidas. Esto se puede lograr cuando se aplica la tecnología de "Producción intensiva de piña en ambiente protegido", la cual se debe considerar como un éxito agronómico y comercial, además de ecológico, ya que el impacto ambiental de la producción de piña es 40 % menor con este manejo (Crivelli, 2017).

La tecnología "Producción intensiva de piña en ambiente protegido", fue finalmente integrada en 2012 por el Grupo de Investigación en Piña-INIFAP (GIP-INIFAP), después de años y una serie continua de trabajos de investigación y validación en campo y laboratorio (Anexos 2 y 3).

Esta tecnología de manejo reúne los mejores principios de los sistemas de "agrobosque" y "hawaiano" en uno solo, que resguarda suelo y humedad mediante el acolchado plástico total (APT) (polietileno negro/calibre 150) y la protección del cultivo y la fruta contra la excesiva radiación solar mediante la malla-sombra plástica (MSP) (polipropileno negro/50 % sombra), componentes sintéticos que simulan el acolchado vegetal del suelo y el sombreado del dosel arbóreo, como ocurre de manera natural en el sistema de agrobosque. Para 2016 fueron estimadas 5,000 mil hectáreas comerciales de piña distribuidas entre plantillas, socas y resocas, manejadas bajo ambiente protegido en México, lo que representa el 25 % de las 20 mil hectáreas que se cosechan anualmente. Esta adopción en tan solo cinco años, se explica por la alta efectividad y aceptación que tiene la presente tecnología entre los productores, técnicos y empresarios piñeros del país, dados los resultados obtenidos en sus propios campos de producción, empaque en fresco y plantas de proceso industrial.

El APT y la MSP, por sí solos y de manera independiente, logran significativos incrementos en el rendimiento y calidad de la fruta, además de otros beneficios sobre el suelo, agua y medio ambiente. Sin embargo, cuando se utilizan juntos y más aún en combinación y complemento con medianas y altas densidades (45-65 mil plantas/ha), riego, mejoramiento del suelo y excelente control fitosanitario y nutricional, se han logrado hasta tres ciclos de cosecha continuos, con rendimientos

de plantilla –en ciclos de 12 a 15 meses– entre 70 a 100 t de fruta comercial/ha, de soca entre 50 y 80 t y de resoca entre 40 a 60, en ciclos de 9 a 14 meses, todas con 40 % menor carga o daño ecológico que su contraparte: el sistema hawaiano (Crivelli, 2017; Espinoza, 2016; González, 2014; Uriza, 2011). La tendencia de la demanda comercial de APT y MSP indica que, en un futuro próximo, podrían ser hasta 10 mil las hectáreas las que se cosechen anualmente de manera "protegida", lo que representaría el 50 % de la superficie cosechada de piña en el país y, probablemente, el 65 % de la cosecha de fruta lograda.

La producción intensiva de piña en ambiente protegido, que implica la protección del suelo, la planta y el resguardo de la humedad con el acolchado plástico total y la malla-sombra, ha logrado reducir el ciclo productivo entre 4 y 6 meses (de 18 meses, a solo 12 a 14 meses), con rendimientos de hasta 100 t/ha de fruto comercial, de excelente peso, forma y calidad, y cosechados en las épocas de mayores precios en el año, o bien en las fechas programadas.

No obstante, el acortamiento de los ciclos de cultivo, el incremento en el rendimiento y la oportuna programación de las cosechas requieren conocer a detalle las necesidades del cultivo, los factores agroclimáticos que afectan su crecimiento y desarrollo, así como los pormenores acerca de su morfología y fisiología. La interacción entre estos elementos dará resultados positivos o negativos, según su adecuada o inadecuada combinación y aplicación. Algunos problemas del cultivo, hasta ahora incomprensibles y sin recomendación técnica que resuelva el inconveniente de manera práctica y efectiva, deben aceptarse como parte del umbral de riesgo de esta actividad económica. En general, el establecimiento y el manejo del cultivo debe considerar el conocimiento pleno de la variedad o variedades de piña explotadas comercialmente en México, ya que su origen y características genéticas hacen que respondan de manera diferente al manejo y estímulos brindados, sea cual sea su sistema de manejo agronómico.

7.1 Consideraciones sobre el deterioro de los suelos piñeros en la región del Bajo Papaloapan

Con el objetivo de que los productores, técnicos y empresarios piñeros conozcan el grado de deterioro que actualmente presentan los suelos cultivados con piña en la

región productora del Bajo Papaloapan, en su capa arable (0 a 30 cm de profundidad), Zetina et al. (2005) realizaron una comparación entre los contenidos nutrimentales de estos suelos y los valores que presentan áreas contiguas que no han sido perturbadas con actividades agrícolas relacionadas con piña, conocidas regionalmente como matillas[9]. Éstas representan en lo posible, las condiciones "originales" de los suelos antes de someterlos a la actividad piñera, mientras que piñal, se refiere a terrenos con al menos 20 años de explotación con el cultivo comercial de piña.

Cuadro 14.

Valores promedio de pH, materia orgánica y contenido de macro-nutrimentos encontrados en plantaciones comerciales de piña y sitios no perturbados ubicados en el sur del estado de Veracruz

Ambiente	pH	Materia orgánica	Nitrógeno inorgánico	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
		%			*mg kg^{-1} de suelo*		
Matilla	5.2	1.9	41	8	36	380	150
Piñal	3.8	1.2	63	23	12	191	35
*Cambio**	*-1.4*	*-35%*	*+50%*	*+200%*	*-65%*	*-50%*	*-75%*

*% redondeado.

Fuente: INIFAP-CIRGOC-CECOT (datos no publicados).

En la última fila del cuadro 14 se indica el porcentaje de deterioro relativo entre los dos lotes analizados, según ambiente o condición del mismo, estimado con respecto a los valores registrados en las áreas no perturbadas (matillas) y el valor actual que guardan los suelos cultivados con piña en cada una de estas características. Los resultados muestran que en el piñal, los cationes intercambiables (potasio, calcio y magnesio) fueron los más afectados en el proceso de deterioro de la fertilidad química de los suelos cultivados con piña en el sur de Veracruz. Este nivel de deterioro implica que, hasta la fecha, estos suelos han perdido el 75, 65 y 50 % del magnesio, potasio y calcio, respectivamente, que originalmente existía en la capa arable. La disminución del contenido de cationes intercambiables en el complejo de intercambio es acorde a los cambios observados

[9] Pequeñas áreas de vegetación secundaria que son conservadas por los ganaderos para proporcionar sombra a los animales y obtener madera para sus linderos.

en el pH del suelo, el cual varió, en promedio, de 5.2 en áreas no disturbadas y 3.8 en terrenos explotados con piña durante más de 20 años. Esta reducción, que se expresa como -1.4 en valor directo, sin embargo, representa alrededor de 10 veces mayor acidificación del suelo, ya que la escala es logarítmica, lo cual es muy grave en términos agronómicos y cualquier otro que a suelo se refiera.

El fósforo también presentó un comportamiento especial, ya que la poca movilidad vertical y horizontal que tiene, lo exime del proceso de lixiviación en los suelos de textura arenosa que predominan en las regiones piñeras de México, por lo que los valores de este elemento en los suelos cultivados son casi 200 % mayores que en los suelos de matilla. Dado que muchos de los productores aplican altas, o relativamente altas dosis de fertilizantes fosforados en este cultivo, a medida que pasan los ciclos de producción, este nutriente tiende a acumularse en la capa arable y puede provocar incluso un desbalance nutricional por la sobrefertilización con este elemento, con secuelas graves en la adecuada absorción de otros elementos nutritivos. Su poca movilidad no exonera al fósforo de ser arrastrado a otros sitios fuera de los lotes de producción de piña regionales, contaminándolos por la gran escorrentía que ocurre cuando no se toman las medidas necesarias para evitar la erosión hídrica.

Con la continua explotación de los suelos con piña sin el adecuado manejo, el porcentaje de saturación de bases cambiables (potasio, calcio y magnesio) tiende a disminuir en un 3.3 %, y el de aluminio y manganeso intercambiable a incrementarse hasta en un 130 %, producto de una mayor presencia de aluminio (665 %) y manganeso (118 %) en la solución del suelo. Esto provoca que exista mayor actividad de los iones aluminio y manganeso, que además de reducir aún más el pH de la solución del suelo, podrían causar lesiones al sistema radical del cultivo.

La disminución de 22 % y 45 % de la saturación de calcio y magnesio en el complejo de intercambio, da lugar a una menor disponibilidad de estos nutrientes para el cultivo, debido a que en esas condiciones existe una menor cantidad de estos iones en el suelo y un desequilibrio en las relaciones iónicas calcio-magnesio-potasio. Este último aspecto es poco considerado por los productores de piña en la nutrición de sus cultivos, por lo que es común observar en los frutos, la deficiencia de estos nutrientes.

Los síntomas más frecuentes del desequilibrio en las relaciones iónicas calcio-magnesio-potasio son: frutos fasciados, múltiples (dos, o incluso más frutos fusionados en una sola planta), o bien frutos únicos, pero con coronas múltiples o incluso sin ella, muy propensos al "vaciado de frutos" por rompimiento de sus paredes celulares, síntomas relacionados a deficiencias de calcio en las estructuras celulares. Este último síntoma es confundido por los productores como un indicador de supuesta mayor calidad o exceso de calidad del fruto, cuando en realidad sólo corresponde a una falta de consistencia de la cáscara, debida a la fragilidad de las paredes celulares y de las partes internas del fruto, por falta de calcio, lo que le reduce sustancialmente su vida de anaquel.

7.2 Selección y preparación del terreno

La primera condición para elegir un predio para la producción comercial de piña, es que tenga un potencial productivo alto o, al menos, intermedio, definido con base a los requerimientos agroecológicos más importantes. Tan solo en la región del Bajo Papaloapan, un estudio hecho por INIFAP en 2002 (Rebolledo et al., 2011), concluyó que existen, cuando menos, 100 mil hectáreas con esas características, por lo que existe superficie suficiente para cumplir con los programas de siembra-cosecha hasta ahora desarrollados por los productores regionales. No obstante, aunque tengan el potencial, no todos los lotes son los más adecuados para utilizarse con estos fines, pues muchos están en áreas que presentan problemas de acceso, lo que complica el adecuado suministro de equipo, insumos, personal y seguimiento durante la etapa de establecimiento y mantenimiento del cultivo, y comprometería la salida fácil y oportuna de las cosechas. Otros están muy retirados de los centros de acopio o empaque, lo que expone a la fruta a mayores daños durante su prolongado traslado, o a menores precios por los mayores gastos de transporte que su lejanía implica. Algunos, aunque más cercanos, tienen una topografía complicada que dificultaría la instalación y desarrollo de infraestructura permanente, como caminos acondicionados, puentes y alcantarillas, sistemas de riego y drenaje, melgas fijas, bodegas y servicios básicos para el personal (comedores, sanitarios, etc.). Deben preferirse los terrenos ya abiertos a las actividades agropecuarias, para no continuar y acentuar más la ya grave desforestación que caracteriza a las zonas piñeras. Hay que evitar terrenos que: i) estén muy cerca o alrededor de áreas pobladas, donde las

aplicaciones de agroquímicos pueden poner en riesgo a los habitantes y animales domésticos o de cría; ii) desfoguen sus excedentes de lluvia-riego directamente en cuerpos de agua, por el mayor potencial de contaminación que éstos corren; iii) se encuentren cerca o dentro del radio de afectación por industrias que generan y emiten residuos tóxicos al aire, ya que los cultivos y frutos podrían contaminarse y ya no ser comerciales, o al menos muy cuestionados para ese fin.

Otro problema que afrontan quienes siembran piña, fuera o lejos de las regiones productoras clásicas, es la falta de mano de obra especializada y de insumos específicos para el cultivo, ya que esto encarece sus costos y muchas labores y prácticas se realizan de manera ineficiente, lo cual compromete el rendimiento y calidad de las cosechas. Su lejanía también compromete la venta de la fruta, principalmente durante las épocas de abundancia y sobreoferta.

Referente al criterio de calidad del suelo, el máximo potencial de producción del cultivo de la piña se alcanza cuando se siembra en suelos ricos en materia orgánica, con una pendiente menor de 5 %, con texturas medias a ligeras, sin problemas de inundación y medianamente ácidos. En las actuales regiones piñeras de México son muy pocos los suelos que cumplen con el 100 % de todas estas características, por lo que, en la mayoría de los terrenos seleccionados, será necesario recurrir al uso de prácticas de mejoramiento de su fertilidad física, química y biológica, para que este recurso no se convierta en un factor limitante de la producción (Rebolledo et al., 2011), aunque en muchos casos resulta mucho más económico mejorar las propiedades químicas del suelo (como el pH, contenido de N, P, y K) que las físicas, ya que son indudablemente más costosas de cambiar (como textura o pendiente, por ejemplo). Por eso se deben seleccionar, de inicio, sólo suelos con la textura y drenaje adecuados para que el sistema radical de las plantas de piña no sufran asfixias por exceso de compactación o de humedad.

Hasta ahora, ningún proyecto de producción comercial intensiva de piña se ha basado en el sistema de Labranza Cero o Labranza de Conservación tal cual lo conocemos. Es importante tener en cuenta que una mala planeación, ejecución y el abuso de la práctica de la labranza de suelo, especialmente en aquellos de textura arenosa, puede dar lugar a un proceso acelerado de degradación de la fertilidad del suelo (acidificación, erosión, compactación, reducción en los contenidos de materia orgánica y bases cambiables, baja actividad biológica, etc.) y, en situaciones

extremas, llevarlo a una condición irreversible, lo que tarde o temprano incrementará los costos de producción y reducirá el rendimiento y la calidad de las cosechas (FAO, 2000; García, 1984 citados por Rebolledo et al, 2011). Por ello, una vez que se ha seleccionado el terreno, es necesario acondicionarlo para que el cultivo desarrolle su máximo potencial genético-ambiental, mediante una adecuada labranza del suelo.

7.2.1 Preparación del suelo

Para lograr una adecuada cama de siembra se requiere: i) una previa y anticipada desecación de los restos de las malezas y cultivo anterior (con herbicidas específicos, si los restos son muy abundantes); ii) después de un tiempo, y una vez que "da punto", se continua con su minuciosa trituración (con chapeadoras o desvaradoras, apoyadas con rastras de disco); iii) la progresiva incorporación de los restos triturados del cultivo, mediante la remoción del suelo, ya sea con rastras de disco o arados, sean estos de disco o de reja; iv) utilizar el subsoleador previo a la etapa final de la preparación, para aumentar la capacidad de drenaje interno del lote; v) con el arado, y posteriormente la rastra, se deja el terreno listo para que se formen las camas de siembra dentro de cada melga, previamente diseñada; vi) las camas de siembra, de 1.1 a 1.2 m de ancho entre centro y centro, 80 cm de anchura de lomo y 10 a 25 cm de alto en su parte más alta en el centro del lomo, se construyen de manera paralela a las melgas mediante una acamadora de dos o hasta cuatro camas provistas de un sistema de rotavitor, que permite que el suelo quede perfectamente mullido, sin terrones y completamente uniforme, como se explicará a detalle en el capítulo correspondiente. También conviene, de acuerdo a los programas del productor o técnico responsable de las plantaciones, que esta acamadora aplique de manera simultánea a la conformación de las camas, los fertilizantes y demás productos-insumos que se requieran (encima o donde se requieran), incluidas las cintillas de riego por goteo, antes de realizar la siembra de los vástagos o, incluso, antes de colocar el acolchado plástico total, como se hace cuando se maneja el cultivo bajo ambiente protegido (Uriza, 2011).

De acuerdo a Py et al., 1984, citados por Rebolledo et al. (2011), la preparación del terreno cumple con funciones muy importantes que van más allá del simple concepto de disminuir la compactación de la capa arable del suelo y facilitar la

siembra del material vegetativo. Cuando se realiza en forma adecuada y oportuna, puede ofrecer ventajas muy importantes para el desarrollo del cultivo, principalmente durante sus primeras etapas de desarrollo; algunas de éstas son: i) permitir un buen desarrollo y funcionamiento del sistema radical; ii) disminuir las poblaciones de plagas y microorganismos patógenos presentes en el suelo; iii) reducir el reservorio de semillas y propágulos mediante los cuales se reproduce la maleza; iv) incrementar el porcentaje de infiltración del agua de lluvia; v) mejorar la circulación del agua, gases y nutrimentos; vi) favorecer la rápida descomposición de los residuos orgánicos del cultivo anterior y de la maleza, y en muchos casos, vii) reciclar los nutrimentos que fueron lixiviados por el agua de lluvia o riego hacia las partes más profundas de la capa arable.

Pese a que los suelos piñeros regionales son predominantemente arenosos, realizar las labores cuando la humedad del suelo es insuficiente o excesiva, conlleva invariablemente a malos resultados, ya que la función de disgregación de sus partículas para beneficio de la aireación y flujo de la humedad en la zona radical del cultivo, simplemente no se cumple cuando los rastreos, barbechos, cinceleos y formación de camas de siembra se efectúan bajo las condiciones inadecuadas. El suelo debe estar húmedo, pero nunca a valores cercanos a *capacidad de campo* (CC) ni tampoco al *punto de marchitamiento permanente* (PMP), sino en valores intermedios que eviten que las partículas se adhieran demasiado a los discos, rejas, cinceles o partes de los equipos, o bien que estén tan secos que sólo se fraccionen en grandes terrones que resulten muy difíciles de fracturar en los tamaños requeridos. Este punto óptimo es frecuente que se determine en campo cuando al tomar una muestra representativa (mejor varias) de suelo y apelmazarla con la mano, se forma una bola que puede desbaratarse fácilmente cuando es aplastada con los mismos dedos, sin que quede mucho suelo en la piel de quien hace dicha prueba. Tanto en suelos muy húmedos como en los muy secos, la demanda de combustible se incrementa de manera innecesaria, ya que en el primer caso las llantas patinan mucho y, en el segundo, la dureza hace que se ofrezca gran resistencia al avance. Se debe tener presente que la mayor compactación de un suelo, por efecto del paso de la maquinaria y equipo agrícola sobre él, se logra cuando su contenido de humedad es alto, pues sus capas se comprimen con mucha más facilidad cuando adquieren esta condición de mayor plasticidad. Este

efecto de excesiva compactación es frecuente que ocurra en las paredes de las camas de siembra, cuando éstas se conforman bajo condiciones de humedad excesiva; en contraparte, cuando se construyen en condiciones de humedad del suelo muy bajas, la presencia de terrones duros e irregulares es lo común. Para evitar el excesivo paso y uso de los equipos pesados sobre el terreno, es mejor hacer la labor oportunamente y bien, una sola vez, que repetirla varias veces y hacerla mal.

Algunas labores importantes y comúnmente utilizadas en México para la preparación de los suelos cultivados con piña, se describen, brevemente, a continuación (Rebolledo et al., 2011).

Desmonte. Poco frecuente en la actualidad y sólo utilizado cuando el terreno no ha sido abierto a la explotación agrícola-pecuaria. Antes de proceder a la eliminación de la cobertura vegetal existente (árboles, troncos, ramas), conviene determinar la pendiente y topografía general del terreno, para planear de manera anticipada el trazo de las tablas, caminos internos, camas, sistema de drenaje, así como respetar lo más posible las áreas forestales de reserva ecológica y amortiguamiento (10 m de ancho, al menos) cercanas a cuerpos de agua y sus afluentes. Se deben identificar y respetar todas las áreas que no tengan vocación para piña, evitando su desforestación innecesaria. La protección del suelo contra la erosión debe ser prioritaria y establecida antes de que el suelo desnudo, desprovisto de su vegetación natural, sea objeto de este tipo de daño, aun antes de explotarse comercialmente con piña. Es también importante que se practique un estudio de fertilidad a toda la superficie desforestada del predio, para conocer a detalle el estado de cada lote o sección, y así manejarlas a posterior, de acuerdo a sus características y necesidades reales, con el fin de no agotar y mantener al máximo, su potencial productivo original.

Chapeo. Se realiza con una chapeadora de machetes o una desvaradora, impulsadas por la toma de fuerza del tractor. Esta labor es necesaria para destruir los residuos del cultivo anterior y la maleza presente. Es recomendable que el operador triture las plantas en partes muy pequeñas, para que éstas puedan quemarse (sólo en casos extremos) o incorporarse con mayor facilidad. Algunas veces es necesario dar varios pasos, hasta tres; el primero para triturar las puntas de las hojas más altas, luego las intermedias y finalmente el tallo y restos de las hojas. Otros prefieren primero arrancar las plantas con todo y raíces, mediante

rastras, y luego pasarles la chapeadora, ya que así trituran toda la planta y no sólo la parte superior de ella, expuesta fuera del suelo. También se ha hecho frecuente aplicar antes o en el intervalo, herbicidas desecantes de acción sistémica, de contacto o ambos, como auxiliares para evitar que los tallos y sus rebrotes emerjan posteriormente a su incorporación, una vez establecida la nueva siembra.

Barbechos. El propósito de esta práctica es romper y aflojar la capa arable del suelo para incorporar los residuos de la cosecha anterior, destruir algunas plagas del suelo al exponerlas al sol, así como mejorar la aireación y la penetración del agua. En los suelos arenosos, donde grandes cantidades de nitrógeno, potasio y magnesio son lixiviadas por el agua de lluvia o riego, lejos del alcance del sistema radical, el barbecho puede colocar estos nutrientes lixiviados cerca de la superficie, donde se encuentra la mayor parte de las raíces activas del cultivo. El barbecho de los suelos que serán cultivados con piña debe ser profundo, tanto como lo permita el terreno y la maquinaria disponible. Se efectúa por lo menos dos meses antes de la plantación. Los implementos comúnmente utilizados para realizar esta práctica son: arado de vertedera o reja, arado de disco y arado de cinceles.

Existe mucha polémica sobre cuál es el mejor tipo de arado para preparar los suelos piñeros, ya que tanto en Veracruz como en Oaxaca hay suelos relativamente diferenciados; unos muy arenosos, otros intermedios, mientras que algunos con contenidos mayores de arcillas y limos, que los hacen más difíciles de manejar cuando las condiciones de humedad son extremas. Para algunos productores y técnicos –según las condiciones de los suelos donde les corresponde cultivar la piña– puede resultar que el arado de reja o vertedera sea mejor que el de discos, o viceversa. Sobre los beneficios de utilizar el arado de cinceles, poco se sabe y no hay estudios que avalen a ningún tipo de ser el mejor en piña. En la mayoría de los casos, lo conveniente es consultar especialistas que ayuden a diseñar un programa adecuado de labranza del suelo en el que se tomen en cuenta aspectos como la textura del suelo, disponibilidad de maquinaria e implementos agrícolas, topografía del suelo, recursos económicos disponibles, densidad de siembra de la plantación anterior y niveles de infestación de maleza, plagas y enfermedades del suelo. Sin embargo, el productor debe tener presente que el abuso en la utilización de este implemento, puede dañar seriamente la fertilidad del suelo.

Rastreos. Es una labor más superficial; consiste en romper y desmoronar los terrones que quedan después del barbecho. Para que el suelo quede bien mullido, se recomiendan por lo menos dos pasos de rastra en forma cruzada, a 20 cm de profundidad; sin embargo, el número necesario varía según las condiciones del terreno, por lo que finalmente deberán darse las suficientes rastras, pero sólo las estrictamente necesarias. Puede dejarse un tiempo razonable entre rastreos para que la maleza germine, y se destruya por lo menos una generación de ésta con el rastreo posterior. Una variante para preparar el suelo consiste en dar primero dos o tres pasos de rastra pesada y posteriormente un barbecho con arado de reja. Esto deja listo el terreno para la plantación, sustituye a la preparación convencional con arado de discos y permite una mejor cama de siembra en terrenos con alto contenido de arena.

Subsoleos. Esta práctica es muy necesaria en los terrenos de textura arcillosa, que tienden a formar capas endurecidas en el subsuelo, las cuales evitan el desarrollo de las raíces e impiden la penetración del agua a capas más profundas, y dificultan la adecuada circulación del aire, provocando condiciones anaeróbicas debido a una saturación prolongada en los horizontes superficiales (Taboada & Micucci, 2002, citados por Rebolledo, 2011). En los terrenos arenosos, esta práctica también suele ser necesaria cuando se detecta la formación del "piso de arado", que consiste en la presencia de una capa endurecida o compactada del suelo que se origina por el paso constante, durante muchos años, de los implementos de labranza a una misma profundidad. Para lograr los mejores resultados, el arado subsolador deberá trabajarse en suelo seco, por debajo de los 30 cm y a la profundidad correcta, con el fin de descompactar las capas de suelo formadas de manera natural, o bien producidas por el constante paso de maquinaria, equipos e, incluso, ganado.

Cuando la práctica del subsoleo se realiza de manera adecuada y oportuna, las condiciones que genera en el perfil agrícola coadyuvan al desarrollo del sistema radical del cultivo y facilita el movimiento vertical del agua, los nutrientes y los gases que se encuentran en la parte porosa del suelo. Resulta más fácil realizar el subsoleo cuando el suelo se encuentra húmedo, sin embargo, está comprobado que la fracturación de los horizontes endurecidos es más completa cuando el suelo está seco (Zebrowski & Sánchez, 1997 citados por Rebolledo et al., 2011). Según Castro

(2003) citado por Rebolledo et al., 2011, esta práctica se debe realizar cuando el suelo está próximo a la condición de *punto de marchitez permanente*, penetrando el implemento hasta la profundidad en que se encuentren las capas endurecidas (en el sur de Veracruz, esta práctica puede requerir penetraciones hasta de 90 cm) en dirección paralela a la pendiente del terreno, seguido de un paso en un ángulo de 45º de intercepción con respecto al primer pase.

Pantoja (2005) citado por Rebolledo et al., 2011, señala que, en un suelo de textura franca, se necesita un tractor de cuando menos 300 HP para romper por completo las capas duras del suelo, el cual debe jalar un subsolador de tres cinceles con aletas, espaciados no más de 150 cm, para obtener una buena eficiencia de subsoleo (>70 %). Esto se consigue realizando tres pasos: los dos primeros siguen la dirección de la pendiente; el segundo pasa por la parte media del primero, y el tercer paso se realiza a 45° de los dos anteriores; además, el tractor debe alcanzar una velocidad de 6 km/h. Cuando se utiliza el subsolador con el objetivo de formar conductos o galerías subterráneas en el fondo del terreno para agilizar el drenaje interno, se le colocan en las puntas de los cinceles una especie de bola, y se trabaja el suelo con un buen contenido de humedad para que estos conductos queden mejor formados y no se agrieten demasiado y se desplomen internamente. De acuerdo a la intensidad con la que se utiliza maquinaria en los terrenos piñeros, se recomienda subsolarlos cada dos a tres ciclos de cultivo, que conlleven preparación mecanizada del suelo.

Nivelación y drenaje. Las áreas de las melgas y caminos internos que se encuentren por encima o por debajo de la pendiente principal, se convierten en problemáticas. En el primer caso, donde se presentan pequeños montículos o áreas del terreno un poco más elevadas que el resto, el suelo presenta (por su propia topografía y elevación natural) una mayor desecación y mayores valores de erosión y pérdida de fertilidad, por lo que el crecimiento y desarrollo de las plantas que ahí se cultivan se desuniformiza con respecto al resto; además, en esas áreas elevadas, los equipos para la preparación del terreno, acamadoras para conformación de las camas de siembra, equipos aspersores de alto volumen e incluso las bandas semi-mecanizadas para la cosecha de fruta, tienen graves problemas para operar de manera uniforme (dependiendo de la diferencia en alturas), por tener que realizar su función en una superficie no homogénea. Lo mismo ocurre en las áreas que

están por debajo del nivel topográfico general del terreno, pues el agua se acumula de manera más puntual y por mayor tiempo, agravándose la condición si esa agua no tiene una salida o drenaje eficiente, lo que puede también obstaculizar el desarrollo y rendimiento de las plantas, fomentar la muerte de ellas por pudriciones fungosas y bacteriales y, además, obstaculizar o dificultar el tránsito de vehículos, maquinaria, equipo y personal, por encharcamientos y ablandamiento de caminos de acceso interno y perimetral.

Estos diferenciales en las cotas de altura del terreno implican diferenciales en la altura relativa de las plantas y frutos de piña; asimismo, dificultan el riego y la aplicación de otros insumos aplicados durante el ciclo. Si no se requiere, la nivelación no necesariamente debe hacerse buscando un plano horizontal, por lo que deberá realizarse con respecto a la pendiente o pendientes que predominen en un área determinada y de interés. Si se logra una aceptable nivelación, utilizando la maquinaria y equipo adecuados, con la constancia y regularidad necesaria, estos problemas se reducirán sustantivamente y cada vez será más rápida, económica y funcional la preparación del terreno. Regionalmente se efectúa con un tablón o riel pesado, jalado por el tractor al momento de efectuar el último paso de rastra, con el fin de eliminar los pequeños desniveles del terreno que provocan encharcamientos, sin embargo, existen implementos más especializados, tales como las escrepas y cuchillas, los cuales suelen ser más eficientes y económicos.

Si esta nivelación no es suficiente para eliminar las áreas con encharcamientos y evidentes o posibles excesos de humedad, se recomienda construir zanjas del tamaño y capacidad adecuadas que funcionen como drenes, con la profundidad y pendiente estrictamente necesaria para eliminar los excesos, sin profundizarlas demasiado para no desecar innecesariamente el terreno o causar erosión por su excesiva pendiente y caudal de escorrentías (Rebolledo et al., 1998). Cualquier sistema de drenaje o descarga de escorrentías, procedentes de las plantaciones comerciales de fincas o predios, debe considerar los aspectos ecológicos que pueden afectar a cuerpos de agua del mismo predio, y los que estén cotas abajo, para no perjudicarlos.

7.3 Tratamiento de presiembra para conservación y mejoramiento de suelos

La disponibilidad de nutrientes en el suelo y la eficiencia de las aplicaciones de fertilizantes químicos, orgánicos y biológicos dependen considerablemente de su interacción con otros componentes tecnológicos presiembra sugeridos por el INIFAP, como la incorporación de restos del cultivo anterior, el encalado dolomítico para corregir el pH, la siembra e incorporación de *Crotalaria juncea* como abono verde, la aplicación de endomicorrizas arbusculares y la aplicación de compostas y otros mejoradores del suelo. Estas acciones presiembra de mejoramiento del suelo son parte integral de los programas de nutrición y fertilización de una plantación comercial de piña, y se realizan antes de iniciar las aplicaciones convencionales de fertilizantes químicos u orgánicos.

Cuando el predio o partes de él presentan problemas de mal drenaje interno por la compactación de sus capas inferiores, por el paso constante y acumulado de la maquinaria agrícola, o bien porque existe una capa de material impermeable que impide el adecuado flujo y liberación de los excedentes de agua acumulados en la parte superior del suelo, lo más indicado es que se le practiquen (a las partes afectadas) varios subsoleos de hasta 50 cm de profundidad y de manera cruzada, con anchura entre pasos de ganchos o “chuzos”, no mayores a 1 m. De no realizarse esta labor donde es necesaria, el desempeño de las prácticas que se señalan a continuación puede verse comprometido, dadas las necesidades de aireación que requieren las raíces de la piña, los microorganismos responsables de la degradación de la materia verde incorporada y las micorrizas asociadas a las plantas.

7.3.1 Incorporación al suelo de los restos del cultivo anterior

Los residuos del cultivo anterior se pueden utilizar y son la fuente más económica y accesible para elevar, después de uno o varios ciclos productivos, el contenido de nutrimentos y materia orgánica de los suelos, elementos que han sufrido de una acelerada pérdida desde que el sistema de manejo hawaiano se impuso. La materia orgánica en el suelo mejora su estructura, aumenta su capacidad de retención de agua y permite el incremento de la actividad microbiológica, específicamente los considerados como organismos benéficos, lo cual mejora la calidad biológica del

suelo. Por otro lado, es necesario privilegiar el uso de los restos de cultivo para fines de mejora del suelo, antes que utilizarlos para alimentar animales, los cuales consumen más del 70 % del forraje, sin que los nutrientes extraídos retornen al sistema. Por ejemplo, cuando los restos del cultivo (alrededor de 15 t de materia seca/ha) son dados al ganado, se dejan de incorporar al suelo un aproximado de 400, 80, 350, 100 y 100 kg/ha de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, y magnesio, respectivamente, empobreciéndolo cada vez que repetimos este mismo proceso, por lo que para contrarrestar en parte esta fuga de nutrientes, es importante incorporarlos y hacerlo de manera correcta y oportuna. Así también, resulta una pésima decisión el dejar los acahuales abandonados a su suerte, ya que todas las plagas, enfermedades y malezas encuentran en ellos el sitio idóneo para su multiplicación y posterior dispersión a terrenos vecinos, invadiendo poco a poco regiones antes libres de ellos.

7.3.2 Encalado dolomítico para corregir el pH del suelo

El que la planta de piña sea considerada como una especie tolerante a los suelos ácidos y que, por tanto, su rendimiento no se reduzca de forma drástica, como ocurre con el maíz, frijol o sorgo, que lo hacen hasta en un 60 %, no significa que sus raíces no respondan favorablemente a una mejor condición del suelo, como las que ocurren en sus ambientes naturales de origen. Para ello una primera acción es corregir el exceso de acidez del suelo en los lotes a sembrar.

Debido a que sólo el 10 % de los suelos piñeros muestreados registraron un valor adecuado dentro del rango óptimo de pH (5.5-4.4) definido para el desarrollo del cultivo, y que el 90 % restante se encuentra por debajo del límite inferior (4.5), la primera acción a emprender –antes de realizar las nuevas siembras del cultivo– es corregir el exceso de acidez del suelo en los lotes a utilizar, previo análisis de las muestras enviadas a un laboratorio especializado, para determinar sus condiciones físicas y químicas actuales y, con base a ellas, definir la dosis adecuada de la enmienda a aplicar.

Se sugiere aplicar cal dolomítica que contenga de 10 a 13 % de magnesio (equivalente a 45 % de $MgCO_3$) y 20 % de calcio (50 % de $CaCO_3$) y que sea de una finura tal, que permita que el 80 % del producto pase la malla 100. El uso de materiales que contienen dos o tres tipos de tamaño de partícula pueden ser más convenientes, siempre y cuando su tamaño exceda el rango de 60 a 100 mallas, ya

que está comprobado que materiales con un tamaño de partícula menor de 60 mallas no reaccionan en el suelo, mientras que, las mayores a 100 mallas reaccionan violentamente y tienen un efecto poco duradero.

La aplicación sobre el terreno debe ser lo más uniforme posible, ya sea hecha manualmente o con equipo especializado. Se debe realizar, preferentemente, al inicio de la preparación del terreno (después de la trituración e incorporación de los restos del cultivo anterior, o durante los primeros rastreos), de preferencia seis meses o, mínimo, dos meses antes de plantar. La cal dolomítica debe incorporarse inmediatamente después de aplicada, mediante varios rastreos cruzados o con la misma acamadora dúplex utilizada para formar las camas de siembra, siempre y cuando cuente con un rotavitor integrado. Las cantidades de cal dolomítica sugeridas por el INIFAP están basadas en el pH del suelo (Cuadro 15), por lo que es muy importante que se determine este valor. Para ello es necesario recolectar muestras representativas de cada parte del terreno que tenga suelos o condiciones contrastantes, y enviarlas a un laboratorio especializado o bien, determinarlo mediante un potenciómetro portátil perfectamente calibrado y confiable. Las dosis sugeridas por el INIFAP fueron estimadas con base al valor que presenta la muestra de suelo más reciente, para elevar el pH a 5.0, que es el valor idóneo para piña, esto, utilizando dolomita pura con 5 % de humedad y considerando un perfil de incorporación de 0 a 30 cm, ya sea con rastra, arado o rotavitor. En cualquier caso, cuando la profundidad de incorporación es diferente a la recomendada, las dosis deben ser ajustadas para evitar una sobredosis o la aplicación de una dosis más baja que la recomendada.

Cuadro 15.
Dosis por hectárea de cal dolomítica a aplicar en presiembra de piña, según pH de la muestra de suelo antes de iniciar el ciclo de plantilla

pH del suelo a mejorar	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
Dosis correctiva cal dolomítica (t/ha)	3.0	2.5	2.0	1.5	0.5*

Nota: Dosis estimada para los suelos predominantes de la región piñera de la Cuenca Baja del Papalopan: textura arenosa (>70 % arena), pobres en materia orgánica (1 a 1.5 %), contenidos bajos de aluminio intercambiable (<1.9 meq/100 g de suelo). *= dosis de mantenimiento
Fuente: Elaborado con datos de Zetina et al., 2002.

La adecuada aplicación de cal dolomítica, además de reducir el pH del suelo, aporta importantes cantidades de calcio y magnesio a las reservas del suelo para la nutrición de las plantas; sin embargo, la aplicación de dosis mayores a las necesarias crea condiciones favorables para la pudrición de raíz y el bloqueo de otros nutrientes, de ahí la importancia de respetar las dosis señaladas.

La práctica del encalado dolomítico ha demostrado grandes beneficios sobre las características químicas de los suelos piñeros, tales como: i) la reducción de la acidez y del efecto fitotóxico causado por el exceso de aluminio (Al^{+3}), hidrógeno (H^{+}) y manganeso (Mn^{+2}); ii) aportación de calcio y magnesio a la solución del suelo; liberación e incremento en la disponibilidad de nutrientes "secuestrados", como Ca, K, N, Mg, P, Mo y S, mientras que libera a las raíces de las plantas de una potencial intoxicación por Mn, Fe, Co, Cu y Zn; iii) favorece la actividad microbiológica; iv) mejora la estructura del suelo; v) aumenta la eficiencia del uso de los fertilizantes y biofertilizantes, y vi) incrementa el rendimiento y la calidad de las cosechas de los cultivos sensibles a la acidez. La piña, a pesar de ser considerada una especie tolerante a la acidez y al exceso de aluminio intercambiable en la solución del suelo, responde favorablemente al mejoramiento de las condiciones químicas que el encalado dolomítico provee.

Rebolledo et al. (1998) reportaron que las aplicaciones de cal dolomítica en una dosis inicial de 2.5 t/ha en un primer año y una complementaria de 1.0 t/ha, en un segundo año, incrementaron significativamente (30 %) el pH de un suelo Cambisol dístrico en el sur de Veracruz, al pasarlo de 3.7 a 5.3, en lectura tomada dos años después de la última aplicación. Ahí se encontraron seis géneros de nemátodos de interés para el estudio: *Tylenchus* y *Aphelenchus*, sin clara evidencia de su potencial de daño en piña; *Pratylenchus*, *Helicotylencus* y *Meloidogyne*, reportados en el mundo como los más importantes nemátodos fitoparásitos en este cultivo, y *Criconemoides*, con reporte de daños inciertos. Las poblaciones totales de nemátodos y las específicas de los fitoparásitos de piña, fueron 50 % menores en promedio, en los tratamientos con aplicaciones de cal dolomítica (pH: 5.3), que en los que no recibieron cal (pH: 3.7), por lo que se considera que la extrema acidez del suelo favorece el desarrollo de las poblaciones de estos géneros de nemátodos. Debido al comportamiento observado de estas poblaciones, la práctica del

encalado puede ser considerada como un método complementario para su control, en los suelos de la región piñera del Bajo Papaloapan.

Cuando se utiliza una fuente encalante que no contiene las cantidades de calcio y magnesio que logren un balance adecuado de ellos en el suelo y satisfagan correctamente las necesidades del cultivo, ya sea por contener en exceso o no contener alguno de estos nutrientes, no se logran los efectos deseados y a veces, estos efectos son contraproducentes. El caso más frecuente es cuando, en suelos con déficit de magnesio (65 % de los suelos regionales), se aplican materiales que sólo contienen calcio (carbonato, hidróxido u óxido de calcio), lo que provoca un significativo desbalance con el Mg, reduciendo drásticamente la disponibilidad de este último nutriente para las plantas.

Tampoco se logran los objetivos cuando las dosis no son las adecuadas para modificar el pH del suelo cuando es muy bajo, aunque hayan sido correctamente aplicadas, ya que muchos productores por economizar o evitar problemas de sobre-encalado, aplican cantidades menores a las requeridas por el suelo (ver cuadro 15). Estas subdosis van de 0.5 a 1.0 t/ha, las cuales, aunque son benéficas para el sistema suelo-planta, no siempre bastan para que el cultivo manifieste de manera evidente, las bondades que esta práctica logra sobre el pH del suelo, rendimiento y calidad del fruto.

Otra forma de aplicación inadecuada ocurre cuando el material encalante se aplica concentrado en bandas, mateado o disperso sólo sobre el lomo de las camas de siembra, pero sin incorporarlo uniformemente a la capa arable del suelo, como es lo debido. No es lo mismo mezclar dos toneladas de cal en 3,500 toneladas de suelo (peso aproximado de la capa arable o superficial del suelo, de 25 cm de profundidad, en una hectárea), que mezclarlas en tan sólo 700 toneladas (peso de la capa superficial del suelo, de 5 cm de profundidad, en una hectárea), pues en esta última opción se da una concentración de Ca y Mg hasta cuatro veces mayor que en la primera, que es la adecuada. La concentración del material encalante en una superficie/volumen muy reducido del terreno ocasiona que el pH en esa parte de suelo, alcance valores entre 8 y 9 de pH, mucho mayor a lo requerido (no más de 5.0). Con el tiempo, y por efecto de la escorrentía y lixiviación que provoca el agua de lluvia o riego, las partículas de cal se van dispersando lentamente alrededor de su punto de aplicación (cuando mucho a 5 cm de profundidad), por lo que el pH va

aumentando progresivamente, pero siempre por arriba de 6.0 (ya no sugerido para piña) en sus partes más concentradas.

Cuando el material encalante es aplicado bajo acolchado plástico de manera superficial y sin incorporarse, este proceso de dispersión de la cal es mínimo y mucho más lento, ya que por la protección que la película plástica brinda, la escorrentía y lixiviación son menos cuantiosas y menos drásticas, por lo que la mayor parte del material encalante aplicado queda sin reaccionar con el suelo y sin aprovecharse sus beneficios. Si bien, parte del material encalante aplicado superficialmente es aprovechado por algunas pocas raíces de las plantas, algunas veces lo suficiente para mostrar cierto beneficio, el riesgo de pudriciones de raíz y tallo causadas por *Phytophthora* y *Pythium* en esa zona, aumenta de manera significativa por las condiciones poco ácidas o incluso alcalinas que ahí prevalecen, mientras que en la parte del suelo no encaladado (donde está el 70 % restante de las raíces de las plantas) el pH se mantiene extremadamente ácido, sin suficientes contenidos de Ca y Mg y con todos los inconvenientes que esta condición provoca, lo cual representa un verdadero desperdicio de las ventajas que la enmienda realizada tiene cuando es bien incorporada.

Otro inconveniente que ocurre cuando el material encalante es aplicado de manera superficial y sin incorporarse, es el indebido e innecesario contacto del material encalante con productos químicos que son comúnmente aplicados al suelo y que contienen fósforo, con el cual reacciona generando compuestos insolubles que inactivan o reducen los ingredientes activos de los insumos aplicados. Ejemplos de ellos, son: fertilizantes (0-21-0, 0-46-0, 18-46-0, 12-8-12-4, 17-17-17, fosfitos, fosfonatos, etc.), nematicidas (Vydate, Oxamilo, Etoprofos, Cadusafos y Terbufos), insecticidas organofosforados (Diazinón, Dimetoato, Malatión y Clorpirifos) y funguicidas (Fosetil-Al y demás productos con base a fosfonatos y fosfitos).

Independientemente de cual sea el material encalante a utilizar, éste debe aplicarse uniformemente en la superficie del terreno a mejorar e incorporarse inmediatamente mediante uno o dos rastreos, o bien con un paso de rotavitor (aunque con este implemento, la profundidad de incorporación de la cal es ligeramente menor). El objetivo es que el material quede lo mejor distribuido en el total de la capa que conforma los primeros 25 a 30 cm del suelo, con el fin de incrementar su pH y los contenidos de Ca y Mg.

Si la cal se aplica directamente sobre suelo muy mojado (después de una lluvia o riego), o se deja sin incorporar y en la mañana siguiente se presenta un fuerte rocío que la moje, el exceso de humedad provocará que el material se aglutine, pegue y forme una especie de película o capa dura, la cual, aunque se resquebraje al momento de incorporarla al terreno, ya no tendrá la dispersión deseada pues formará grumos u hojuelas, que tardarán años en disolverse, retrasando así los efectos inmediatos del encalado.

Peor resulta cuando después de la aplicación, pero antes de su incorporación, ocurre una lluvia por la cual la cal es lavada y arrastrada por el agua a las partes más bajas y profundas de la superficie del terreno, casi siempre irregular, sobre todo cuando sólo está barbechado y con muchos terrones en la parte superficial, resultando en una pésima e inconveniente distribución del material encalante, que puede ser incluso contraproducente.

Lo ideal es aplicar la cal dolomítica de manera uniforme sobre un suelo sin terrones grandes o medianos (con al menos un rastreo), con la humedad suficiente para lograr una buena preparación, pero no en exceso para que la capa de cal no se humedezca y sus partículas se adhieran entre ellas y formen una capa compacta, e incorporarla lo antes y mejor posible para evitar riesgos y anomalías como las mencionadas. Sólo así se asegura que el material reaccione con la mayor parte del suelo que exploran las raíces del cultivo, y mejore sus condiciones de acidez y contenido de Ca y Mg, principales fines de esta práctica.

Otra opción que también puede utilizarse como enmienda al suelo, es la roca fosfórica, mineral llamado apatita, siendo el más común de ellos la fluorapatita, que es un fosfato tricálcico que además contiene otros elementos, como Si, Mg, F, CO_3, Na.

7.3.3 Siembra e incorporación al suelo de Crotalaria juncea como abono verde

En agricultura, un "abono verde" es un cultivo, generalmente de ciclo corto, que logra una gran cobertura del suelo y que se siembra no para el consumo, sino exclusivamente para incorporarlo a la tierra como fertilizante, agregando con ello nutrientes y materia orgánica al suelo, con fines de mejorar el estado nutricional del suelo y, ocasionalmente, el fitosanitario, en beneficio de cultivos comerciales de alto valor, como la piña; por la diversidad de beneficios en ambos aspectos, la leguminosa *Crotalaria juncea* L., es una de las especies que más potencial tiene para estos fines.

Avendaño (2011), apoyado en diversas fuentes de información, indica que *Crotalaria* L. es un género tropical y subtropical constituido por 550 a 600 especies, distribuidas principalmente en el hemisferio sur, específicamente África, y donde 89 están reportadas para América. La crotalaria posee muchas características como cultivo de cobertura; es supresor de nemátodos fitoparásitos (*Meloidogyne* spp., *Rotylenchulus reniformis, Radopholus similis, Belonolaimus longicaudatus,* y *Heterodera glycines*), compite con las malas hierbas sin convertirse en una maleza, crece vigorosamente para proporcionar una buena cobertura del suelo, fija nitrógeno y es abono verde (Wang, Sipes, & Schmitt, 2002). El control sobre los nemátodos fitoparásitos que logra *Crotalaria juncea* se debe a un compuesto alelopático que libera la raíz y el resto de la planta, conocido como monocrotalina, el cual inhibe el movimiento y retrasa el desarrollo de estos microorganismos, ayudando a reducir sus poblaciones en el suelo (Marahatta, Wang, Sipes, & Hooks, 2012). Según Wang, Sipes y Schmitt (2001), *C. juncea* es el cultivo de cobertura más promisorio de entre los que se evaluaron para el manejo de *Rotylenchulus reniformis*. También se presume que la monocrotalina, contenida en los tallos, hojas y raíces de las plantas en desarrollo de esta leguminosa, tiene efectos negativos en las poblaciones de sinfílidos, comején, gallina ciega (que se alimentan exclusivamente de las raíces de las plantas) y probablemente del piojo harinoso y ácaros (que se alimentan de la savia y jugos celulares de tallos y hojas), ya que al no haber más alternativas que plantas de *C. juncea* en el terreno tratado, su alimentación dependerá totalmente de esta fuente tóxica para ellos, por lo que muchos de éstos morirán por inanición. En un sistema de piña como monocultivo, la crotalaria se constituye como la alternativa más importante y confiable para implementar un sistema de rotación de cultivo que permita mantener la sustentabilidad del cultivo de piña a bajos costos económicos y ecológicos.

Wang et al. (2001) señalan que la especie *Crotalaria juncea* como cultivo de cobertura o abono verde, tiene como beneficio, por su asociación con la bacteria *Rhizobium* (en la rizósfera del suelo), la fijación de hasta 165 kg de N/ha adicionales, si se incorpora antes de su floración, además de aportar cerca de 10 t/ha de materia vegetal seca, con fines de aumentar el contenido de materia orgánica del suelo. Por su alta densidad de siembra, alto porte, rápido desarrollo vegetativo y emisión de sustancias alelopáticas contra plantas de otros géneros, la siembra de *Crotalaria*

juncea reduce la presencia y persistencia de malezas por efecto del excesivo sombreo y la alta competencia por nutrientes, humedad y espacio que tienen con este cultivo. De esta manera, los terrenos reducen gradualmente su potencial de infestación por malas hierbas, así como de las poblaciones de fitoparásitos asociadas a ellas, en beneficio de los cultivos.

Los resultados que Aguilar (2016) obtuvo corroboran los beneficios fitosanitarios que la siembra e incorporación de *Crotalaria juncea* tiene en los terrenos piñeros, los cuales indican, que: i) según el estudio microbiológico del suelo, las poblaciones de nemátodos fitoparásitos de los géneros *Meloidogyne*, *Pratylenchus* y *Mesocriconema*, se redujeron entre un 50 y 70 % por el efecto tóxico-repelente de este abono verde; ii) por efecto del incremento de materia orgánica logrado por el cultivo e incorporación al suelo de esta leguminosa, las colonias de hongos benéficos de los géneros *Trichoderma* y *Aspergillus*, se incrementaron en 100 y 150 %, respectivamente, en comparación al suelo en donde no se realizó esta práctica; iii) el incremento en la presencia y actividad de estos hongos benéficos provocaron una reducción de 40 y 50 % en las poblaciones de hongos fitoparásitos del grupo Oomycetes (entre ellos, los géneros *Phytophthora* y *Pythium*) y del género *Cladosporium*; iv) crotalaria demostró ser una excelente alternativa para mantener mejor controlado el hongo *Phytophthora,* causante de la enfermedad denominada "Pudrición del cogollo" (50 % menos plantas infectadas, que el testigo sin crotalaria), tal vez por la acción combinada de la mayor presencia de materia orgánica incorporada en el suelo y la significativa disminución de la población de nemátodos lograda por la acción tóxica de la monocrotalina segregada por las raíces de estas plantas leguminosas, y v) el acolchado plástico y la incorporación de crotalaria favorecieron un mejor crecimiento (15 % más) de la planta y fruto.

Por las razones expuestas, la especie más recomendada para el cultivo de piña en el Bajo Papaloapan es *Crotalaria juncea*, aunque también pudieran utilizarse Pica-pica mansa (*Mucuna* sp.) y Kudzú (*Pueraria phaseoloides*), aunque no tienen mayor influencia positiva sobre el control de especies fitoparásitas, incluso, algunas hasta las incrementan. La siembra e incorporación de los abonos verdes debe realizarse en los períodos en que el suelo se encuentra en "descanso", entre un ciclo y otro de piña. La mejor opción es establecer especies leguminosas de rápido crecimiento y follaje abundante y así evitar que el suelo se encuentre desnudo por

mucho tiempo y quede expuesto al efecto erosivo de las lluvias. Como la mayoría de estas especies presentan una alta sensibilidad a la acidez del suelo, se recomienda ampliamente encalarlo, antes de establecer cualquiera de ellas, incluso en el caso de crotalaria que, aunque se dice puede crecer satisfactoriamente en suelos ácidos, responde excelentemente al encalado, ya que la mayoría de los suelos piñeros son extremadamente ácidos.

Aunque los beneficios que brinda esta especie sembrada como abono verde no sean directamente percibidos por los productores y técnicos, esta práctica permite ahorrar en la nutrición y fitosanidad del cultivo, ya que se sustituye parte de los fertilizantes, acondicionadores y mejoradores del suelo, además de nematicidas, fungicidas, herbicidas, insecticidas y sinfilicidas, entre otros, necesarios para las plantas durante su ciclo (aunque no hayan sido considerados, en sus programas de manejo). Esto, porque innegablemente permite mejorar el estado fitosanitario del terreno, del cultivo y su proceso nutricional, con lo que el rendimiento y calidad de las cosechas se mejoran significativamente en ciclos de crecimiento-producción, incluso, más cortos y estables.

La siembra de la *Crotalaria juncea* como abono verde se debe hacer con la suficiente antelación al establecimiento de la piña. La siembra se realiza al voleo (para que las plantas cubran totalmente el terreno), después de incorporar los restos del cultivo anterior y la dosis de cal dolomita necesaria para reducir la acidez del suelo. Cuando es para este fin, no se le aplican fertilizantes, sólo se le protege de plagas del follaje que en algunos casos pueden atacar las plántulas cuando están muy pequeñas, durante el primer mes de su ciclo. El costo de implementación, oscila entre $5,000/ha, que incluye: $1,500 por 25 kg de semilla, y $3,500 desde siembra, protección, mantenimiento del cultivo. Su incorporación se hace con rastra, cuando el 50 % de las plantas inician su floración.

En el caso de establecer una siembra con fines de multiplicación de semilla, se debe seleccionar un terreno con la mejor fertilidad natural posible, protegido de los vientos del “Norte” y, de preferencia, contar con riegos de auxilio. Aunque puede sembrarse todo el año, por ser una especie de días cortos, la mejor época de siembra para producir semilla es la de otoño-invierno, para ser cosechada antes de que se establezcan las lluvias. Se siembra a chorrillo, en surcos, cada 70 cm para que las plantas tengan mayor iluminación y logren florecer también en sus laterales,

aumentar la producción de vainas y se facilite el corte manual de las plantas completas, para la posterior trilla de la semilla en lonas, colocadas en el mismo campo de producción, o en algún área más resguardada de las lluvias, cuando así se requiere. Para este fin, el costo de implementación oscila entre $15,000/ha, que incluye: $6,000 por semilla, siembra, fertilización (150 kg del fertilizante Triple 17/ha, aplicado en banda lateral una vez que las plantas alcancen los 10 cm de altura), protección fitosanitaria y mantenimiento del cultivo, y $9,000 de cosecha y trilla.

Para la cosecha, antes de cortar las plantas desde su base para llevarlas a un sitio adecuado y hacer una mejor trilla de la semilla, las vainas deben dejarse a que "llenen" y seque completamente la mayor parte de ellas. Una hectárea puede producir entre 500 y 1,000 kg de semilla, suficiente cantidad para sembrar de 20 a 40 hectáreas como abono verde, cuyo costo en semilla equivale entre $30,000 y $60,000, lo que demuestra su rentabilidad cuando se siembra para estos fines.

En ambos casos (como abono verde o para producir semilla), para mejorar la nutrición de las plantas de crotalaria, las semillas deben inocularse con hongos micorrízicos de probada eficiencia en piña (Rizofermic®-UV) y de preferencia, agregarles también la bacteria *Rhizobium*, para inducir una mayor formación de nódulos fijadores de nitrógeno; además, es también importante reforzar la emisión y desarrollo de las raíces de esta leguminosa, con un probado enraizador comercial (Rooting® o similares). Dado que el suelo de los lotes tratados queda inoculado con estos fertilizantes biológicos, ya no será necesario aplicarlos a las plantas de piña recién establecidas, salvo que el productor decida dar una dosis de refuerzo, la cual nunca estará de más.

En plantaciones de piña que incluyen acolchado plástico total, este recurso técnico además de permitir conservar y aprovechar mucho mejor la humedad, enmiendas y aportes nutrimentales, plaguicidas y otros insumos en las plantaciones así manejadas, también permite que los beneficios de los abonos verdes, incorporados antes de realizar la siembra de las nuevas plantaciones de piña, mejoren su respuesta y, con ello, la calidad física, química y biológica del suelo, siempre y cuando estas prácticas se instrumenten de manera correcta y, de preferencia, permanentemente.

Cuando se combina la incorporación de los residuos de crotalaria con el acolchado plástico total, aparentemente el control de plagas del suelo puede ser

aún mayor que en el caso de plantaciones manejadas en suelos desnudos, ya que por el alto contenido de nitrógeno que el abono verde genera al descomponerse, se producen grandes cantidades de amoníaco, el cual queda atrapado por la película plástica durante más tiempo, incrementado con ello su poder biocida en la capa arable del suelo.

7.3.4 Inoculación de las raíces de piña con endomicorrizas arbusculares

La calidad de un suelo puede estimarse de acuerdo a sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Tal vez esta última, la calidad biológica del suelo, es la menos conocida y, por lo tanto, a la que erróneamente menos importancia se da. En los suelos piñeros de las regiones Bajo Papaloapan y La Chontalpa, la diversidad y cantidad de microorganismos benéficos presentes es muy baja. Según Espinoza (2016), quien estudió géneros y poblaciones de microorganismos del suelo en dos fincas comerciales de exportación de piña en fresco, representativas de la zona de Isla, Veracruz, su diversidad es muy limitada y, por la actividad estimada (mediante respiración basal), sus poblaciones son más bajas de lo deseado, pues han sido gravemente afectadas por la ocurrencia de muchos factores negativos a los que están sujetos los suelos dedicados a la actividad piñera intensiva, particularmente los que se manejan a suelo desnudo y a cielo abierto con el convencional sistema hawaiano.

Entre los factores de mayor impacto negativo al suelo, específicamente los dedicados al cultivo de piña, están: i) la labranza excesiva, que favorece el proceso de erosión y la descomposición de la materia orgánica; ii) manejo intensivo como monocultivo, con uso de altas densidades de siembra y cosechas más abundantes, lo que agota más rápidamente su fertilidad natural; iii) uso excesivo de fertilizantes químicos, que aceleran su acidificación, el desequilibrio nutrimental y la contaminación de cuerpos de agua; iv) uso constante y abusivo de agroquímicos con fines fitosanitarios, que alteran la microbiología y el equilibrio natural del suelo y su entorno, y v) períodos de descanso e interciclos cada vez menores, que impiden la regeneración natural de estas poblaciones. Todos estos factores, característicos de sistemas de producción intensivos, tienen efectos devastadores en las comunidades de organismos benéficos del suelo, las cuales disminuyen notablemente en los sistemas agrícolas en donde su aplicación es frecuente y por

períodos prolongados, tal como ocurre en el caso de la piña. Entre los microorganismos benéficos afectados se encuentran los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), conocidos simplemente como “micorrizas”.

Cuando un suelo es preparado (roturado) de manera intensa y frecuente para una nueva siembra de piña, como ocurre con el sistema hawaiano, se produce una grave reducción o incluso la pérdida total de poblaciones de organismos del suelo, tanto de micro como macrobiota, porque el hábitat y ciclo biológico de estos organismos se altera de manera violenta y desfavorable, quedando directamente expuestos a los rayos solares, a los cambios bruscos de temperatura y de humedad. Esto afecta principalmente a las especies benéficas, ya que los organismos dañinos generalmente resultan menos perturbados, pues tienen desarrollados mecanismos de protección que reducen los efectos negativos de la labranza, por lo que finalmente prevalecen y se tornan dominantes en el ambiente. Por ello, lo más conveniente es que cada vez que un suelo se labre intensamente, se restablezcan las poblaciones de microorganismos de nuestro interés, reinoculándolo adecuada y oportunamente para seguir gozando de sus beneficios.

La excesiva labranza que los suelos piñeros reciben al inicio de cada ciclo productivo, muchas veces realizada bajo condiciones de humedad inadecuadas (muy secas o muy húmedas), repercute en varios factores que afectan el desempeño de los microorganismos benéficos, pero también en el de las raíces de las plantas de este cultivo. Por ejemplo, cuando se realizan las labores de labranza, ingresa al suelo oxígeno (O_2) proveniente de la atmósfera que origina la oxidación de la materia orgánica; esto a su vez, en el corto plazo produce la liberación de los nutrientes contenidos en la MO, por lo que, si las plantas no los aprovechan en ese momento, se pierden por erosión o lixiviación cuando ocurren lluvias cuantiosas o riegos excesivos; con la disminución de MO, las poblaciones de los organismos benéficos también se reducen, ya que se alimentan preferentemente de ella e, incluso, para muchas, es su única fuente alimenticia.

Asimismo, la reducción de MO en el suelo conduce a una disminución de su capacidad para absorber, conservar y drenar los excesos de humedad durante el ciclo productivo, lo que compromete la disponibilidad de oxígeno a las raíces de las plantas y organismos benéficos, por lo que muchas mueren. Por otro lado, el exceso de acidez del suelo a consecuencia de la pérdida de los elementos base (calcio,

magnesio y potasio), incrementa las cantidades de aluminio, manganeso e incluso fierro intercambiables, volviéndolos tóxicos para las raíces de la piña y reduciendo hasta en un 80 % su capacidad y eficiencia en el aprovechamiento de los macro y micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S y Mo, B, S y Cu). Finalmente, en condiciones de extrema acidez, la calidad biológica del suelo se reduce por la disminución o pérdida de organismos benéficos, muchos de los cuales ayudan a la planta a nutrirse de manera más natural y eficiente, como es el caso con las micorrizas.

La baja eficiencia de las raíces de las plantas en el aprovechamiento de los nutrientes en suelos muy ácidos, obliga al productor a aplicar dosis de fertilizantes químicos cada vez mayores para lograr resultados aceptables, dosis que además de aumentar la acidez, alteran el ambiente natural, ya que los excedentes de los nutrientes no aprovechados por el cultivo contaminan los cuerpos de agua tanto superficiales como subterráneos, por arrastre y lixiviación, principalmente de N y P (Eutrofización).

En este contexto, la necesidad de recuperar la calidad biológica de los suelos piñeros regionales es innegable, aunque no fácil. Para intentarlo, se tiene que intensificar la presencia y diversidad de microorganismos benéficos, tanto en plantaciones de piña que se manejan a suelo desnudo, pero principalmente en las que se manejan con acolchado plástico, dado que esta tecnología permite un mejor medio para el establecimiento, multiplicación y funcionalidad de estos agentes biológicos. Los microorganismos desarrollan una relación simbiótica con las raíces de las plantas, donde el hongo asume el papel de los pelos radiculares de la planta y actúa como una extensión del sistema radicular. Esta relación se presenta en el 95 % de las especies vegetales en muy diversos hábitats, de forma natural (Muchovej, 2001). De estos, los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) han demostrado ser los microorganismos que mayores beneficios aportan a las plantas de piña Cayena Lisa, Champaka, MD2, y seguramente a las demás variedades y criollos cultivados en México.

Los efectos benéficos de las micorrizas en raíces de las plantas se traduce en: i) aumento de la superficie de absorción, debido a una mayor área de suelo explorado (el hongo funciona como una extensión de las raíces funcionales); ii) mejor utilización de nutrientes de baja disponibilidad; iii) mayor movilización y transferencia de nutrientes (P, N, S, micronutrientes Cu, Zn) desde el suelo hasta la

planta; iv) menor susceptibilidad de las raíces a patógenos tales como nemátodos u hongos, por la competencia de espacios físicos en la rizósfera; v) aumento de la producción de hormonas de crecimiento, tales como citocininas y giberelinas, y vi) modificación de las relaciones suelo-planta-agua, promoviendo una mejor adaptación de la planta a condiciones ambientales adversas (sequía, metales, otros) (Muchovej, 2001).

De acuerdo a estudios, pruebas en campo y de laboratorio, realizados a partir de 2008 por la Universidad Veracruzana en colaboración con el INIFAP, la aplicación oportuna y adecuada del consorcio micorrízico denominado comercialmente Rizofermic®-UV, permite reducir entre 25 y 50 % la cantidad de fertilizantes químicos aplicados convencionalmente por ciclo, en cultivos comerciales de piña Cayena Lisa en las regiones del Bajo Papaloapan y de La Chontalpa (García, 2008; Santos & Sosa, 2016; Zuccolotto, 2011). Esta reducción tiene un impacto positivo, tanto para los suelos, el ambiente y en los costos de producción.

El biofertilizante Rizofermic®-UV es una mezcla de doce especies de hongos micorrízicos arbusculares (*Acaulospora morrowiae, Acaulospora spinosa, Acaulospora scrobiculata, Funneliformes mosseae, Funneliformes geosporum, Gigaspora rosea, Gigaspora decipiens, Glomus macrocarpum, Glomus aggregatum, Rhizophagus intraradices, Scutellospora pellucida* y *Claroideoglomus etunicatum*), colectados, clasificados, seleccionados y evaluados por un equipo de investigadores especializados de la Facultad de Agronomía de la Universidad Veracruzana (UV), y su conjunto fue probado con éxito en diversos cultivos y regiones productoras de la república mexicana. En piña, el INIFAP ha sido el principal evaluador del biofertilizante, con excelentes resultados.

Además de reducir las dosis de fertilizantes químicos, las micorrizas en cuestión facilitan la disponibilidad de nutrientes y agua al cultivo, mejoran la estructura del suelo al fomentar la formación de agregados, aceleran el desarrollo vegetativo de la planta, incrementan la resistencia a plagas y enfermedades, mejoran el vigor, supervivencia y crecimiento de la planta y, aumentan la productividad y rendimiento del cultivo de la piña. Santos y Sosa (2016) evaluaron el efecto del consorcio micorrízico Rizofermic®-UV en interacción con el encalado dolomítico y diferentes dosis de fertilización química elaboradas con base a siete mezclas físicas. El encalado no afectó el desempeño de las micorrizas, ya que la

respuesta fue similar en las parcelas sin encalar, con pH de 3.8, que en las que se encalaron y llegaron a 4.8 de pH. En ambas condiciones de acidez, la micorrización de las raíces de las plantas de piña permitió un ahorro sustantivo en fertilizante (40 %) y las frutas cosechadas en algunos de los tratamientos micorrizados tuvieron 20 % menos nitratos, en beneficio de la agroindustria procesadora y del consumidor de esta fruta, aunque esto último, por su importancia, deberá confirmarse con estudios más específicos.

La aplicación del consorcio micorrízico Rizofermic®-UV u otros similares de probada efectividad en piña en la región, puede realizarse de cualesquiera de las maneras siguientes:

a. Antes de la siembra de los vástagos de piña, inoculando las semillas de *Crotalaria juncea* cuando esta especie se utiliza como abono verde. Las semillas deben humedecerse previamente con un adherente comercial (o refresco de cola) y luego mezclarlas con el producto micorrízico hasta que se les adhiera la mayor cantidad posible del producto. De esta forma ya no es necesario inocular las plantas de piña después. La dosis para esta opción es de 2.5 kg de Rizofermic®-UV/ha.
b. En plantas aún pequeñas, aplicando el producto inmediatamente después de la siembra o hasta tres meses después de realizada, cuando el follaje de las plantas aún no se entrecruza. La dosis sugerida para esta opción es de 10 kg de Rizofermic®-UV/ha.
c. En plantas de mayor edad y desarrollo, de cuatro a nueve meses de establecidas y que ya cerraron su follaje entre ellas. La dosis sugerida para esta opción es de 10 a 15 kg de Rizofermic®-UV/ha.

Aun cuando plantas de más de nueve meses de desarrollo pudieran considerarse viejas para ser tratadas, la aplicación de micorrizas resulta muy importante, principalmente cuando son plantaciones donde se utiliza acolchado plástico total y malla-sombra, ya que muy probablemente estarán programadas para ser explotadas por al menos dos ciclos productivos continuos más (plantilla y soca) sin nueva preparación del terreno ni replantación de vástagos, por lo que es necesaria su inoculación en el primero y en el segundo ciclo.

La cantidad de agua sugerida para realizar la aplicación en plantaciones ya establecidas, es de 1,500 a 3,000 L de agua/ha (o más, de ser necesario), según el

tamaño de las plantas. Esto equivale a una ración de al menos 50 ml de la mezcla/planta, aunque pueden ser más, según se requiera para que las esporas del producto lleguen a la zona radical, donde harán contacto con las raíces y germinarán sin mayores problemas. Lo ideal es aplicar la micorriza disuelta solamente en agua, para no comprometer la viabilidad de sus esporas con ingredientes activos, solventes químicos o sales de los fertilizantes normalmente usados en piña; no obstante, con el objetivo de incrementar la multiplicación de las raíces en las plantas tratadas, es recomendable agregar a la solución 3.0 L de Rooting®/ha (Roa, 2009), o el equivalente de algún otro enraizador de probada eficacia en piña, siempre y cuando no resulte ser un producto hormonal que interfiera negativamente con estos hongos, o bien con el ciclo de la planta, por ejemplo induciéndola a floración de manera indebida, como ha ocurrido con este tipo de productos en la región.

En plantas pequeñas lo más indicado es que la mezcla micorrízica (agua + micorrizas + enraizador) se aplique “a chorrillo” o “a drench”, directamente a la base de las plantas, dirigida lo más cercano al sistema de raíces adventicias y subterráneas para asegurar el contacto con las mismas. Mientras tanto, en plantas grandes cuyo dosel cubre la mayor parte de la superficie del piñal, la aplicación puede realizarse en aspersión total, sobre el follaje de las plantas. En ambos casos, se debe garantizar que la mezcla llegue hasta la zona radical y que en ella exista la humedad suficiente para que el proceso de germinación de las esporas de las micorrizas y la colonización de las raíces de la piña por estos hongos, sea lo más rápido y eficiente posible. Cuando la humedad ambiental y del suelo es baja, se debe aplicar con la mayor cantidad de agua posible, realizando la aplicación por las mañanas, muy temprano o en las tardes-noches frescas, evitando las horas de mayor radiación solar, para reducir la destrucción de las esporas expuestas a este negativo factor y, así, mejorar la calidad de la inoculación.

Los micelios y esporas contenidos en la presentación comercial de Rizofermic®-UV, se encuentran básicamente en las raíces secas y trituradas de las plantas gramíneas utilizadas para propagar los hongos, y en parte del material inerte con que se llenaron las macetas donde se cultivaron. Estas fracciones de raíces secas y trituradas son el mejor vehículo para el traslado, resguardo y conservación de los hongos micorrízicos, por tratarse de un medio antitérmico que se mantiene

más estable, comparado con las presentaciones líquidas y aquellas que requieren refrigeración hasta antes de ser aplicadas (condición difícil de mantener en campo). Esta presentación comercial de Rizofermic®-UV permite una mayor vida de anaquel del producto, el cual tiene una concentración mínima garantizada de 80 esporas/g, que equivalen a una aplicación de 800,000 esporas/ha con la dosis de 10 kg.

Sin embargo, la concentración de arena y restos de raíces secas que contiene el producto, es un factor de posible taponamiento de filtros y boquillas para los equipos de aplicación, sean éstos manuales (tipo mochila) o mecanizados (aspersores de alto volumen), por lo que, cuando así se requiera, primero hay que filtrar el producto antes de aplicarlo, de tal manera que con el agua se pueda extraer la mayor cantidad de esporas posible y desechar el máximo de cuerpos sólidos indeseables. Una alternativa para hacerlo es diluir previamente la dosis del producto en una cantidad considerable de agua (50 litros), dejándolo en remojo preferentemente por 12 horas para que los sólidos gruesos se sedimenten y, posteriormente, filtrar dos o tres veces antes de vaciar el líquido al equipo aspersor.

Otra forma más práctica es, primero, reforzar el filtro principal del tanque del "spray-boom", con al menos otras dos capas de malla plástica 50 (50 hilos cruzados, por cada pulgada cuadrada), las cuales deben quedar sostenidas sobre el contenedor metálico para resistir la presión del agua que pasará a través de éste. Dentro del contenedor con los filtros se coloca la dosis a aplicar del producto, y el total de agua necesaria pasa por el filtro reforzado, hasta llenar el tanque; de esta manera quedan debidamente separadas las esporas del material grueso, el cual se desecha cuando se limpia el filtro principal.

Muchos productores que cuentan con aspersores de alto volumen (AAV) con brazos de 15 metros de largo y 40 boquillas distribuidas en su longitud, les adaptan un sistema con mangueras de 2.5 m y varillas individuales, y con apoyo de personal de campo operan cada manguera haciendo aplicaciones en drench o a chorrillo dirigidas a la base de cada planta. Esta forma de aplicación es más eficiente y genera menos desperdicio de producto, sobre todo cuando la plantación es muy joven y aún no cierra su dosel. Para ello se cancelan dos de cada tres salidas, con boquillas "ciegas" y se habilita una de ellas con su respectiva manguera y pistola de aplicación, quedando el brazo con 13 o 14 de ellas, según el número de camas de siembra o dobles hileras que el equipo abarca.

Es por demás importante resaltar que el uso de micorrizas no exime la aplicación de programas de nutrición, respaldado por un adecuado control de plagas y enfermedades de la raíz. Trejo (2010) señala que los excesos de fósforo (P) en el suelo provocan la baja eficiencia de los hongos micorrízicos, el bloqueo en la absorción de otros elementos nutritivos e, incluso, la intoxicación de la planta de piña, por lo que se debe considerar la aplicación de dosis muy bajas de fertilizantes fosfatados (sólo de ser necesarias), o incluso nulas (cuando hay fósforo en exceso), ya que además de costoso, este elemento puede inhibir sus funciones benéficas y tornarse perjudicial para las plantas de piña y los hongos micorrízicos. En la práctica comercial con estos hongos, la mayoría de los productores no dejan de aplicar fósforo en sus programas de nutrición cuando aplican micorrizas, pero sí reducen la dosis, con buenos resultados.

7.3.5 Aplicación de compostas y otros mejoradores del suelo

Zetina et al. (2004) señalan que los resultados obtenidos con fuentes orgánicas de nutrimentos, indican que bajo las condiciones de deterioro que presentan los suelos cultivados con piña en el sur de Veracruz y norte de Oaxaca, la nutrición del cultivo por medios exclusivamente orgánicos, sólo podría ser rentable y eficiente en el mediano y el largo plazo, después de que el productor utilice este sistema de manera continua durante varios ciclos de cultivo y lo refuerce con las prácticas descritas anteriormente.

Si bien es cierto que las tres compostas evaluadas (Orgamín®, una composta elaborada con lombrices de tierra, así como la del INIFAP y otra elaborada con cachaza) aplicadas en dosis de 4 t/ha (las dos primeras) y 10 t/ha (la última) aportaron cantidades significativas de MO y nutrientes al suelo, ninguna cubrió en suficiencia las necesidades de las plantas de piña para lograr un rendimiento comercial aceptable y económicamente atractivo. Todas se compararon contra un testigo regional, con base a solo 60 g/planta de la mezcla física de fertilizantes 12-08-12-04 (N-P-K-Mg), cuando la normal va de 80 a 100 g/planta.

El Orgamín® es una composta comercial (ya estandarizada) producida en Tehuacán, Puebla, con 22 % de MO y 0.90 % de N, elaborada a partir de gallinaza y cascarilla de café, enriquecida con dolomita y zeolita (clinoptilolita + mordenita), lo que hace que su contenido de Ca y pH sea alto. La lombricomposta utilizada, con

50 % de MO y 1.8 % de N, fue de un lote preparado en el INIFAP-Campo Experimental Cotaxtla, exclusivamente para este fin, utilizando los desechos fecales de Lombriz Roja Californiana alimentada con estiércol de bovino, olote de maíz y paja de arroz. La composta de cachaza, que tiene un contenido de 19 % de MO y 1.25 % de N, es un producto elaborado en el ingenio "Adolfo López Mateos" a partir de cachaza, que es un residuo o lodo en forma de torta, derivado de la clarificación del jugo de caña de azúcar, considerada un desecho de la industria cañera, que contiene 2 a 3 % de cera cruda, 7 % de arcillas, 15 % de bagacillo y de 70 a 80 % de agua. Las compostas evaluadas se aplicaron ocho días antes de la siembra, después del barbecho y el segundo rastreo, distribuidas uniforme y manualmente al voleo sobre la superficie del terreno, e inmediatamente incorporada después al suelo mediante un rastreo, al finalizar la aplicación. La dosis de fertilización química (tratamiento testigo) fue de sólo el 60 % de la sugerida por el INIFAP en el cultivo, y se distribuyó en cuatro aplicaciones (dos sólidas en la época de lluvias; y dos líquidas, en la época de secas), durante los siete meses que duró la etapa vegetativa.

Desafortunadamente, por cuestiones operativas de campo, no fue posible evaluar peso y calidad de fruto; sin embargo, se muestrearon las variables peso fresco y seco de la hoja "D" y peso fresco de planta, cuyo análisis de varianza no registró diferencias estadísticas entre tratamientos, aunque, de manera consistente, el que resultó con el mayor valor numérico fue el testigo comercial (TC), a pesar de haber recibido una subdosis de fertilizantes, y luego, en orden descendente, el Orgamín®, la lombricomposta-INIFAP y la composta de cachaza-ingenio ALM. En todos los tratamientos, el contenido de P y K observado en el tercio medio basal de la parte etiolada de la hoja "D" se ubicó dentro del rango establecido como óptimo para el desarrollo del cultivo al momento de la inducción floral, sin embargo, esto no sucedió con el contenido de nitrógeno, que se ubicó por debajo del límite inferior del rango óptimo establecido para piña, a lo que se le atribuyó el hecho de que las plantas no alcanzaran el peso ideal para obtener frutos con el peso y tamaño comercial adecuado para su venta en el mercado nacional o de exportación. Esto pudo deberse a que, por ser el nitrógeno el más volátil y lixiviable de todos los nutrientes aplicados, su suministro total antes del inicio del ciclo del cultivo fue motivo para que se perdieran cantidades significativas del mismo en el transcurso; además, que las cantidades aportadas desde un inicio por esas fuentes, fueran

insuficientes. Posiblemente la respuesta de las plantas de piña a las compostas hubiera sido diferente (positiva) si las dosis totales de ellas se hubieran distribuido o fragmentado en varias oportunidades o subdosis, tal como se hizo en el testigo comercial, donde se aplicaron de manera más puntual o concentrada en cada planta, o bien si la dosis total aumenta. Es posible que los resultados con estas compostas y mejoradores orgánicos, al igual que ocurre con la cal agrícola, abonos verdes y fertilizantes químicos, sean más eficientes con el uso del acolchado plástico total, al evitar que las condiciones variables y no siempre favorables, producidas bajo suelo desnudo, fomenten su arrastre y fotodegradación, impidiendo su adecuada función.

Dado que la información por ahora es insuficiente, lo mejor es utilizar estas fuentes como mejoradores del suelo y no como un abono orgánico, ya que son fuentes poco concentradas de N, P, Ca y Mg y su precio es relativamente alto. La aplicación continua de compostas en dosis relativamente bajas (2 a 3 t/ha), en el mediano plazo puede ayudar a mejorar las propiedades físicas y biológicas de la capa arable e incrementar modestamente los contenidos de macronutrientes.

7.4 Control integrado de la erosión hídrica en fincas piñeras

La serie de prácticas rutinarias y cíclicas que incluyen la incorporación de los residuos de la cosecha anterior, la corrección del pH del suelo con cal dolomítica, la siembra e incorporación de *Crotalaria juncea* como abono verde y la fertilización biológica con endomicorrizas arbusculares y otras fuentes de origen natural, es la base para el mejoramiento del suelo, con fines de una producción sustentable de piña; sin embargo, no resultan suficientes si no se detiene a la par el grave proceso de erosión hídrica que sufren todos los años los terrenos dedicados a la producción de esta fruta. Es un hecho que muchos productores y técnicos se han decepcionado por haber realizado dichas prácticas durante varios años consecutivos, con mucho esfuerzo e inversión económica, y que sólo baste un ciclo de temporal con lluvias considerables para que todo lo que habían logrado en su mejora se vaya junto con las 150 toneladas de suelo que se pierden en promedio por hectárea y por ciclo de cultivo, por la erosión hídrica que se presenta en las plantaciones de piña regionales.

La única manera de asegurar que todas las acciones realizadas para el mejoramiento de los terrenos piñeros prevalezcan y se fortalezcan en el tiempo, es la implementación de prácticas encaminadas a evitar este proceso destructivo. Para ello, el INIFAP propone un sistema de manejo que integra: i) la selección de terrenos para el cultivo comercial de piña; ii) el trazo de las secciones, lotes, melgas, camas de siembra y la red de caminos principales, internos y periféricos, vados, drenes y acequias, necesarios para el control de la erosión del suelo y las escorrentías; iii) la protección del suelo mediante el acolchado total con plástico negro, y iv) la conservación y enriquecimiento de áreas forestales y de amortiguamiento en terrenos laterales de arroyos, barrancas, zanjas y en las circundantes de cuerpos de agua superficiales, ya sean permanentes o estacionales. Sólo así es posible intentar resolver este grave problema que aqueja desde hace un siglo a los suelos y recursos naturales, que son base de la producción de piña en México y de la riqueza que, en valor económico y trabajo, brinda a quienes de esta actividad dependen, directa o indirectamente.

7.4.1 Diseño y construcción de las áreas de producción, melgas, camas de siembra, red de caminos y sistemas de drenes

Una vez seleccionado el terreno, lo siguiente es hacer un diseño general de la plantación que permita el mayor aprovechamiento de la superficie para fines productivos y eficiencia en las operaciones de preparación del suelo, establecimiento de los piñales, mantenimiento y cosecha de los lotes, durante el tiempo que dure el proyecto productivo. Con igual importancia, o más, se debe incluir el sistema de drenes, acequias y descargas de las escorrentías, así como considerar las áreas la conservación y enriquecimiento forestal y de amortiguamiento ecológico en terrenos laterales de arroyos, barrancas, zanjas y en las circundantes de cuerpos de agua superficiales.

La intensidad y calidad de la infraestructura a concretar, dependerá de si el terreno es propio o es rentado, y si es rentado, cuántos años cubre el contrato. Utilizarlo bajo renta por poco tiempo no impide o exime el dejar de cumplir con los protocolos y obligaciones ecológicas.

Los siguientes criterios corresponden a la primera opción, cuando se trata de un terreno propio y en donde las plantaciones serán manejadas, preferentemente,

de manera mecanizada, mediante equipos aspersores de alto volumen e incluso apoyadas con cosechadoras semimecanizadas de banda, para mejorar el trato a la fruta durante este proceso. Se asume que este diseño es el más funcional, tanto para la producción de piña para el mercado de exportación en fresco (MD2), como para el mercado fresco nacional y de proceso industrial (Cayena Lisa y Champaka). Más aún, cuando se maneja con la tecnología de ambiente protegido. Los pasos, criterios y sugerencias más importantes se describen a continuación.

1. Con base en recorridos de campo y en los criterios que se señalan en los puntos siguientes, delimitar perfectamente en un plano las áreas efectivas aprovechables para las siembras de piña, los espacios improductivos, tales como caminos internos e intermelgas, así como otras áreas destinadas a otros usos, definiendo a detalle, desde un inicio, las aplicables a estas últimas.
2. Identificar a detalle las microcuencas, drenes naturales, así como las curvas de nivel de todo el predio, ya que serán la base para el diseño del sistema de drenaje general de la finca y los específicos de cada lote y melga de producción. Estos incluirán los drenes, cunetas, vados intermelgas, acequias, canales necesarios y alcantarillas. En las partes bajas o con pendientes menores al 2 %, se debe privilegiar el drenaje de la humedad excedente, mientras que en las de pendientes mayores, el control de la erosión hídrica y las escorrentías. En el documento publicado por Jiménez (1999), se describe a detalle la forma en que se construyen los drenes, camas, cunetas y demás.
3. Trazar el sistema de caminos principales, secundarios, internos entre melgas y periféricos, con base y en congruencia con el sistema de drenaje general de la finca. La anchura de ellos, incluida la construcción de cunetas y alcantarillas en los que las requieran, será de acuerdo al flujo de tránsito. Los caminos principales, de 6 a 7 m de ancho, se ubican, generalmente, en las partes más elevadas del predio, por lo que funcionan como división entre microcuencas y, por su alta frecuencia de uso, requieren tener el mantenimiento y estar reforzados con materiales que permitan su tránsito todo el año; los secundarios deben ser de 4 m de ancho, mientras que los internos que se encuentran entre las melgas, sólo deben tener 3 m, anchura suficiente que permite la circulación en un solo sentido, de los equipos aspersores de alto volumen (AAV), vehículos nodriza (los que abastecen de agua a los AAV), vehículos de supervisión y de los camiones

o tráileres para levantar la cosecha, sin que éstos dañen a las plantas de la periferia. Sin embargo, seguramente se requerirá de más espacio en caminos en las partes terminales de las melgas que requieran de mayor libertad de maniobra, a criterio de los responsables del diseño de la plantación (Jiménez, 1999).

4. Deben de considerarse y tener disponibles caminos alternos para asegurar el acceso a todos los lotes durante todo el año, bajo cualquier condición climática, normal o aún las no previstas (huracanes, temporales fuertes, etc.), principalmente durante la cosecha, para que la fruta no se pierda o su traslado no sea complicado y costoso. Por estrategia, la cosecha para los lotes con mayores problemas de excesos de humedad debe programarse para los meses más secos de la temporada, para asegurar así el adecuado traslado de la fruta de los campos de producción a los centros de comercialización.
5. Para un mejor control de las plantaciones, lotes, secciones, tablas o melgas y fracción de ellas, se debe implementar un sistema de señalización (con letreros visibles y su respectiva clave con letra, número, etc.), que permita identificar a detalle, cada una de ellas en cada finca. Esta señalización debe estar respaldada con croquis detallados y disponibles al personal autorizado, para su pronta localización.
6. Las melgas de producción se deben trazar de modo que se privilegie el desempeño de los equipos aspersores de alto volumen, proporcionándoles la mayor longitud y rectitud posible, para evitarles un exceso de maniobras durante su operación en campo, lo cual ocurre cuando las melgas son muy cortas o sinuosas. El uso del acolchado plástico total facilita el control de la erosión, por lo que el diseño de las melgas también se facilita.
7. La anchura de las melgas debe ser tal, que corresponda al doble de la anchura del brazo de los aspersores de alto volumen a utilizar en las aplicaciones de insumos en la finca o plantación. Cuando la topografía del terreno es plana o medianamente plana, los equipos pueden tener brazos de hasta 18 m de largo, aunque lo normal son 15 m. Por ello, la anchura de las melgas normalmente es de 30 m, lo que permite aplicar en un paso del equipo, la mitad de ella (15 m), quedando la otra mitad para un paso posterior, en sentido contrario.
8. Una vez trazadas las melgas y con los caminos internos ya adecuados para el tránsito de la maquinaria y equipo, se procede a la preparación del suelo, sin

tocar ni remover el suelo de ellos, para evitar aflojarlos, exponerlos a la erosión y gastar energía innecesariamente. Estos caminos y vados intermelgas deben dejarse –de preferencia– siempre empastados para así evitar que los caminos se erosionen, pero hacerlo con especies de hábito rastrero o de porte bajo y siempre recortados, para impedir que ensemillen.

9. Deben obtenerse muestras de suelo representativas de los lotes, secciones, tablas, melgas y fracciones específicas de la finca o plantación que se consideren diferentes, para practicarles análisis de suelo y así caracterizarlos y, con base en ellos, poder diseñar un programa de nutrición acorde a cada nivel de fertilidad. La preparación del suelo debe ser tal como se sugiere en la sección de tratamiento de presiembra.
10. Preparado el suelo, y después de los necesarios pasos de arado y rastra, de preferencia exclusivamente dentro de las melgas trazadas, se procede a la conformación de las camas de siembra en forma paralela a las melgas y caminos internos, ya que esto permite un mejor control de las escorrentías. Las camas de siembra tienen dos objetivos o funciones principales: permitir que las plantas de piña se mantengan más resguardadas de los excesos de humedad que ocasionalmente se presentan en el terreno, y también para conducir de manera ordenada las escorrentías de las lluvias y riegos pesados. Para que no se acumule demasiada agua en su trayecto total, cada 10, 20 o 30 m (según se requiera, de acuerdo a la cantidad precipitada y pendiente del terreno), se deben construir drenes transversales para liberar la carga de agua y conducirla a las acequias, canales o caños naturales más cercanos de la finca. Los drenes entre melgas se deben interconectar mediante vados (ver https://www.youtube.com/watch?v=nxDkKhmlYjs), de preferencia empastados que permitan que las escorrentías fluyan sin causar destrozos.
11. La altura de la cama (al centro de su lomo) depende del nivel de humedad contenido en los lotes, pudiendo llegar a 25 cm en casos de humedad extrema, a quedar prácticamente insinuada, con tan solo 5 cm cuando no hay tanto riesgo de que las raíces sufran de asfixia o cuando la densidad de siembra sea baja o media, como las utilizadas en siembras de Cayena Lisa para el mercado nacio-

nal. Cabe señalar que la variedad Cayena Lisa es mucho más tolerante a los excesos de humedad y a las pudriciones de raíz y cogollo, que MD2, en la cual es casi obligado que se cultive en camas.

12. Las mejores camas de siembra se logran cuando su forma y altura son constantes en toda su longitud y anchura, sus paredes no se derrumban, el suelo queda total y uniformemente poroso, sin partes compactadas que impidan que el agua penetre y las raíces se desarrollen. Por limitaciones propias del restringido mercado de maquinaria y equipo especializado para piña, estos equipos no son comunes en México y aunque se han utilizado ocasionalmente equipos acamadoras para hortalizas convencionales, los mejores durante la última década han sido y son los que fabrica la empresa *Demeneghi Spray booms y Equipos Agrícolas* SA de CV / *AgroDeméneghi* SA de CV, localizada en Isla, Veracruz y especializada en equipos exclusivos para este cultivo y que incluyen aspersores de alto volumen, chapeadoras, encaladoras y la acamadora dúplex (o en su versión trimodular). Esta acamadora cuenta con un sistema de rotavitor integrado, que lo diferencia de otras opciones que basan la formación de las camas mediante la compresión del suelo preparado, lo que resulta en camas con paredes muy compactadas en los primeros 5 a 10 cm de profundidad. Además, consta de otros componentes integrables que facilitan y complementan las actividades presiembra, como el sistema colocador de cintilla de riego por goteo, tolva y aplicador de fertilizantes sólidos, sistema aplicador de pesticidas granulados y marcadores de distancias para siembra. Incluso, puede solicitarse con el sistema de acolchado para camas individuales, sin embargo, ante la predominancia y preferencia de uso del acolchado plástico total, el sistema de acolchado individual, quedó obsoleto.
13. Las camas de siembra varían en su anchura (120, 115 y 110 cm), según la densidad de siembra a establecer (a mayor densidad, menor anchura) e independientemente de su altura (de 5 hasta 25 cm, en la parte superior de su lomo) deben tener forma piramidal con la finalidad de que el agua drene y no se acumule en su parte superior, lo que puede incrementar las posibilidades de presencia de enfermedades por exceso de humedad en esa parte del suelo. También es importante que los taludes laterales de su base no queden rectos, sino

lo suficientemente inclinados, para evitar que éstos se derrumben por lo arenoso que son los suelos regionales. El lomo de ellas va de 80, 75 a 70 cm, quedando entre ellas un camellón de 40 cm para el drenaje de los excedentes de agua y la circulación del personal. Según su anchura, pueden caber de 25 a 27 camas dentro de cada melga de 30 m de ancho.

14. Se recomienda colocar el acolchado plástico total inmediatamente después de conformar las camas y así evitar los daños y compactación causados por la presencia de lluvias. Cuando se presentan lluvias considerables las camas sufren erosión, se deforman y queda sobre su superficie una capa dura, a manera de costra, conformada principalmente por limo y arcillas, que impide que el fertilizante y los nematicidas sólidos aplicados queden bien distribuidos y adheridos a la superficie superior de la cama (que es donde deben actuar), por lo que ruedan al fondo del camellón, donde no cumplen función alguna y sólo contaminan innecesariamente el ambiente. Una vez colocado el acolchado plástico total, las camas y los productos aplicados sobre ellas quedan protegidos y la siembra de los vástagos de piña puede realizarse, una vez que el productor o técnico responsable lo considere adecuado.
15. Después de sembrada cada melga o fracción que se considere uniforme, ésta debe marcarse o distinguirse de las otras consideradas diferentes, con un pequeño letrero de color blanco y de preferencia metálico, en el cual se pueda consultar la información del cultivo durante todo el ciclo y los ciclos continuos. Dicho letrero debe contener datos, tales como: i) finca, lote, sección, tabla, melga y fracción; ii) fecha de siembra (año/mes/día); iii) área efectiva ocupada (ha); iv) número de plantas (en miles); v) tipo de material (clavo, gallo o corona) y tamaño (grande, mediano, pequeño) o su peso promedio en fresco, y vi) algún otro dato importante o distintivo que permita dar mejor seguimiento al cultivo (riego por goteo, manejo orgánico, acolchado de tal calibre diferente, etcétera).

7.4.2 Protección de suelo con acolchado total

Antes de disponer de la tecnología del acolchado plástico total, bajo el sistema de manejo hawaiano a suelo desnudo, mucha de la materia orgánica y otros nutrientes se perdían por la fuerte erosión que se presenta en plantaciones no protegidas, con valores de 150 t de suelo perdido/ha/ciclo de cultivo. Afortunadamente, el efecto

protector que tiene el acolchado plástico total sobre el suelo reduce a menos de 10 t de suelo perdido/ha/ciclo y conserva *in situ* la mayor cantidad de los nutrientes y materia orgánica. Esta tecnología permite conservar y recuperar progresivamente la fertilidad que han perdido los suelos piñeros a través de poco menos de un siglo de explotación, haciendo esta actividad más sustentable. La evidencia de mejora del suelo bajo el sistema de manejo con acolchado plástico, fue corroborada por Crivelli (2017), Espinoza (2016), González (2014), con rendimientos entre 20 y 30 % mayores.

La información disponible indica que el uso del acolchado plástico total reduce hasta en un 90 % el uso de los herbicidas convencionales durante el ciclo; duplica la eficiencia del agua (en temporal y riego); evita la compactación y pérdida de la porosidad del suelo preparado, conserva la permeabilidad y es por ello que reduce la escorrentía y erosión del suelo; resguarda los insumos aplicados y mejora su eficiencia; y conserva la temperatura del suelo en valores más adecuados para el crecimiento y desarrollo de las raíces, tanto en época invernal como de extremo calor (Toral et al., 2013). Múltiples evidencias regionales indican que su uso reduce la incidencia de floraciones naturales prematuras hasta en un 80 %.

En un estudio realizado por Zetina y Uriza (2012) en un lote de la finca “San Miguel”, al final de un primer ciclo de cultivo (plantilla), se reportan contenidos promedio de materia orgánica del orden de 1.2 % en la parcela a suelo desnudo y de 1.4 % en la de acolchado plástico, aunque ambos valores son clasificados “pobres”, en el segundo caso se observa un incremento significativo de ella en tan solo un año. Posteriormente, González (2014) reportó en otro estudio, que en la misma parcela experimental de la finca “San Miguel”, después de dos ciclos completos de cosecha (plantilla y soca), el porcentaje promedio de materia orgánica en el tratamiento acolchado se incrementó a 1.8 %, pasando de pobre a medianamente pobre, lo cual representa un avance muy significativo en este importante aspecto del suelo. Mientras tanto, en el otro lote de piña estudiado con el mismo ciclo de cultivo y manejo (suelo desnudo y acolchado plástico), pero en la finca “El Quilate”, el contenido de MO resultó de 1.5 % (pobre), diferencia que pudo deberse a que en la primera finca, el lote apenas llevaba unos cinco ciclos de cultivo, mientras que la en segunda, alrededor de 25 (equivalentes a 50 años en explotación continua, bajo el sistema convencional a suelo desnudo). González (2014) señala

que la superioridad del acolchado plástico total (APT) sobre el manejo convencional a suelo desnudo (SD), en cuanto a contenido de MO en la capa más superficial del suelo (profundidad 0-5 cm) en las dos fincas evaluadas, es el resultado de permitir que bajo la película plástica se genere un ambiente con temperatura y contenido de humedad más adecuado y estable en todo el perfil del suelo, una mejor circulación de los gases y nutrientes, además de una mayor actividad microbiológica. También se debe a que con el APT la pérdida de suelo, nutrientes y MO por erosión, arrastre y lixiviación es mínima.

La calidad biológica del suelo es un indicador de la eficacia del manejo de los agroecosistemas. Al respecto, Espinoza (2016) demostró en lotes experimentales también de las fincas “El Quilate” y “La Torre”, que el acolchado plástico total: i) conserva más la humedad del suelo (suelo desnudo: 6.1 % *vs* acolchado plástico: 9.8 %), valores que equivalen respectivamente a 18 y 80 % de humedad disponible (HD) para las plantas; ii) mantiene estable el pH del suelo, aunque en ocasiones lo hace ligeramente más ácido, tal vez por una mayor actividad microbiana; iii) incrementa la cantidad total de especies de hongos encontradas en las parcelas estudiadas, con una media de 16 en acolchado plástico en comparación con las parcelas a suelo desnudo, con un valor de 13; iv) incrementa la cantidad total de especies de bacterias, con una media de 4.3 en acolchado plástico, mientras que el suelo desnudo, de sólo 2.1; v) aumenta la población de hongos y bacterias en el suelo, con una media de 143 colonias de hongos y bacterias en acolchado, mientras que el suelo desnudo sólo tuvo 42; vi) aumento en la respiración basal del suelo como indicador de actividad microbiológica, con una media de 27 en el tratamiento de acolchado plástico, mientras que para el tratamiento de suelo desnudo fue de 21 CO_2(mg)/100g/96h, y vii) permite mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, lo cual modifica significativamente el comportamiento de la humedad, temperatura, pH, microorganismos benéficos y seguramente en la disponibilidad de los nutrientes en el suelo. Todo ello se ve reflejado en la evidencia, de que en acolchado plástico total se cosechó un 30 % más de fruta en dos ciclos continuos y el mismo período de tiempo, que en suelo desnudo.

El material para acolchar debe ser negro, calibre 150, pentacapa, resistente a perforaciones y rasgaduras, y tratado contra rayos UV y otros factores de degradación, de tal manera que se garantice su uso confiable por al menos durante

los cuatro a cinco años que ocupan dos y hasta tres ciclos de cosecha de fruta, continuos. A excepción del fabricado por EPA (Exportadora de Plásticos Agrícolas SA de CV), los demás plásticos agrícolas que se manejan en la región no han sido evaluados formalmente por el INIFAP para su uso en este cultivo, por lo que se desconoce su resistencia al manejo y pisoteo, durabilidad y comportamiento al final del ciclo productivo. El acolchado plástico deberá recogerse totalmente una vez cumplida su función, para su aprovechamiento o destrucción ecológica, mediante su entrega a un centro de acopio y manejo de residuos de agroplásticos regional, autorizado por SAGARPA y SEMARNAT, cuya gestión se encuentra en proceso por parte del COVERPIÑA, y su implementación y puesta en marcha se espera ocurra en 2018 o poco después.

Es importante mencionar que la quema del plástico en los mismos campos de cultivo o en otros lugares aledaños no es una opción correcta de manejo, por lo que esta práctica debe evitarse. Se estima que cada hectárea efectiva de plantación, debidamente acondicionada (con camas de siembra, drenes y acequias), requiere un promedio de 11,250 m^2 de plástico agrícola para su cobertura total, con un peso equivalente a 350 a 400 kg, lo cual es una "carga" ecológica significativa si no se maneja adecuadamente. El no cumplir completa y correctamente este objetivo desecha todos los logros ambientales que esta tecnología permite (95 % menos erosión, 40 % menos uso de agroquímicos, 60 % menor gasto de agua de riego, etc.), por lo que, de no haber otra opción, lo prudente es conservar los desechos de los plásticos ya usados en lugares confinados y seguros, que impidan que los restos se esparzan y contaminen el medio ambiente local.

Las presentaciones más utilizadas de bandas plásticas para implementar el acolchado plástico total en piña, en la región del Bajo Papaloapan, son tres (12x300, 9x300 y 17.3x150 m). La banda de 12 m de ancho cubre nueve camas, la de 9 m sólo seis, mientras que la de 17.3 m lo hace con 12 a 13 camas en promedio, según su altura. Estas dimensiones del plástico dan lugar a dos opciones para acolchar totalmente las melgas de siembra, en campo.

Opción A: Bandas plásticas de 12x300 y 9x300 m. Para esta opción, que es la más utilizada en la región, se requieren 2.3 rollos de banda de 12x300 m (8,020 m^2) y 1.1 rollos de banda de 9x300 m (3,010 m^2), en total 3.4 rollos (11,022 m^2). Estas tres bandas se colocan y distribuyen de manera paralela (Figura 28a), para cubrir

totalmente una melga de 30 m de ancho por 334 m de largo, equivalente a 1.0 ha efectiva de siembra. Esta combinación de dos bandas plásticas de 12 m de ancho y una complementaria de 9 m, es suficiente para completar los 35 m de ancho necesarios para cubrir con suficiente holgura, una melga de 30 m de ancho, con 25, 26 o 27 camas de siembra, que se construyen en promedio según su anchura. Debido a que en este caso son tres las bandas plásticas a colocar, deberá ser la de en medio la primera en instalarse (de 12x300 m), con el fin de que una vez realizada su instalación y la colocación inmediata de los vástagos de siembra sobre ella (para evitar que el viento la levante y descoloque), el personal ya no tenga la necesidad de pasar varias veces y, por tanto, se eviten roturas innecesarias y el pisoteo o maltrato a las plantas a sembrar puestas en el piso o, incluso, aflojen las plantas ya sembradas. La colocación del acolchado y la siembra de los vástagos deberá realizarse del centro hacia afuera de las melgas, considerando también la dirección de los vientos del día. Esta disposición implica hacer dos traslapes de 0.5 m entre estas tres bandas, cuando son colocadas a partir del centro de la melga y tener que enterrar solamente los primeros 30 cm de cada una de las dos orillas externas (periféricas) de las bandas plásticas, en ambos bordes de la melga, los cuales deben quedar bien colocados y firmes en la pequeña zanja donde se entierran, y se sellan con la misma tierra que se sacó para hacer las zanjas. La sección faltante de 34 m de lo largo de la melga, para completar la hectárea, se continúa con las mismas indicaciones anteriores.

Opción B: Bandas plásticas de 17.3x150 m. Para esta opción, de menor uso en la región, se requieren 4.4 rollos (11,550 m^2), colocados y distribuidos de manera apareada y paralela, para cubrir dos secciones de 15 m cada una, a lo largo de 334 m de melga (Figura 28b), equivalente a 1.0 ha efectiva de siembra. En este caso, ya que sólo son dos bandas a colocar, la primera deberá ser la que esté del lado donde provengan los vientos del día, esto para evitar el levantamiento del plástico y que se dificulte su colocación. Esta disposición implica hacer sólo un traslape de 0.5 m entre estas dos bandas y tener que enterrar solamente los primeros 30 cm de cada una de las orillas externas (periféricas) de las bandas plásticas, en ambos bordes de la melga, siguiendo las anteriores instrucciones con bandas de menor anchura. La sección faltante de 34 m de melga se completa con las mismas indicaciones anteriores.

Figura 28.
Número, distribución y arreglo de las bandas(rollos) para el acolchado plástico total de una hectárea efectiva de piña, en melgas de 30x334 m (1 ha efectiva de siembra)

a)

Rollo 1 (9x300 m)	(9x34 m)
Rollo 2 (12x300 m)	(12x34 m)
Rollo 3 (12x300 m)	(12x34 m)

b)

Rollo 1 (17.3x150 m)	Rollo 3 (17.3x150 m)	(17.3x34 m)
Rollo 2 (17.3x150 m)	Rollo 4 (17.3x150 m)	(17.3x34 m)

A medida que la altura de las camas de siembra disminuye, las necesidades de plástico para cubrir totalmente la melga también se reduce. Tal detalle debe considerarse para no comprar más insumo del requerido o tener que colocar bandas que exceden las dimensiones o no cumplen con las necesidades del caso.

Las diferentes dimensiones de las bandas plásticas comerciales tienen sus implicaciones a nivel operativo y en el costo final de producción. Sin duda el número de traslapes necesarios para unir o “empatar” las bandas longitudinalmente (lo más difícil de lograr bien, en campo), es ligeramente mayor en la Opción A, ya que como su anchura de bandas es menor, hay un empate más que hacer que en la Opción B. Se debe recordar que estas uniones entre bandas en las partes que traslapan, se sellan con las mismas plantas sembradas sobre ellas, las cuales funcionan a manera de “grapas” que mantienen fijas ambas bandas sobrepuestas, siempre y cuando se haga de la manera correcta.

Sin embargo, este detalle o aparente ventaja/desventaja, de más o menos empates, no debe ser considerada como el factor o criterio principal o más importante para la selección del acolchado a utilizar. La calidad, eficiencia y durabilidad del plástico deben ser siempre las características más deseadas en este insumo, y para ello no basta lo que el vendedor diga o afirme, sino que previamente deberán consultarse usuarios que hayan tenido la experiencia de probarlos por, al

menos, un par de ciclos continuos, y así saber qué tan resistente resultó tal o cual marca y calibre.

Es totalmente contraproducente que un productor se decida utilizar un plástico agrícola sólo considerando un menor costo de adquisición, sin que éste cumpla con las características deseadas. Aunque estos precios atractivos representan un aparente ahorro al inicio del ciclo de cultivo, finalmente resultarán con mayores costos en términos agronómicos, económicos y ecológicos, ya que durante su ciclo no cumplirá satisfactoriamente con todos las funciones para las que fue seleccionado, por las múltiples, perforaciones, roturas y desgarres que se le irán acumulando por el paso de los trabajadores, el viento y la propia acción de los rayos solares, lo que culminará en una costosa e incompleta recolección del plástico para su deshecho, con graves problemas para el ecosistema de la propia finca y otras de localidades vecinas.

Existen varias alternativas para desenrollar, desplegar y colocar los rollos de película plástica en el fondo del camellón que está entre las dos camas centrales de área de siembra, sin que se le causen daños que resulten en golpes, rasgaduras o roturas considerables, incluso antes de haber realizado la siembra de los nuevos vástagos. Las dos más utilizadas son:

a) Se puede utilizar como apoyo un “burro” o soporte metálico con un tubo-soporte, donde se coloca el rollo para que éste gire libremente y se vaya desplegando la banda plástica conforme la van jalando, sin que el rollo (95 a 105 kg) tenga que ser cargado por el personal responsable. El “burro” con el rollo ya instalado, se coloca al inicio de la melga a acolchar, del cual un trabajador lo irá jalando hasta desenrollarlo completamente, sin desplegarlo, sólo tendiéndolo en el fondo del camellón indicado, para luego desplegarlo.

b) Otra forma tal vez más práctica, es meter una soga plástica por en medio del tubo que tiene cada rollo en su centro, lo suficientemente larga y resistente para ir cargándolo y jalándolo entre dos personas, *por encima* (*no sobre*) de las camas intermedias de la sección que se va a acolchar, método que sin embargo implica más esfuerzo del personal asignado a realizarla y frecuentes daños estructurales a las camas, ya que normalmente los trabajadores (por su considerable peso) pasan el rollo

sobre las camas (no por encima), lo cual provoca una excesiva compactación en los lomos afectados, aplanándolos cuando su forma idónea es la piramidal, y también derrumbando parte de sus paredes, por lo que es la menos recomendada.

La banda plástica se va desplegando conforme se va colocando y extendiendo sobre la superficie de las camas que abarcan cada rollo, cuidando que quede un poco flojo u holgado, nunca tenso ni fruncido para que no se rompa con el paso del personal al momento de la colocación, plantación y durante las varias labores manuales a realizar a través del ciclo de la plantación. Es preferible que el personal utilice el mismo material de siembra para ir sujetando y manteniendo al plástico pegado al suelo (para que no le entren "bolsas de aire"), que utilizando suelo de la misma parcela, el cual seguramente será arrastrado por las lluvias. Es primordial sellar oportuna y adecuadamente los puntos de unión o empate entre las bandas con las mismas plantas, al sembrarlas, ya que el viento puede levantarlas y echar a perder el trabajo realizado y dañar los plásticos. Los drenes también se deben acolchar.

Además de lo anterior, es necesario tomar las siguientes consideraciones:

a) Seleccionar el ancho de la banda de plástico para el acolchado, de acuerdo al sistema y número de camas de siembra a utilizar (ancho, alto y forma) y del ancho de la melga. No debe utilizarse plástico más ancho de lo necesario, pues encarece la práctica y dificulta su colocación.

b) Evitar colocarlo cuando existan fuertes ráfagas de viento, debido a que esto dificulta la operación y conlleva daños al plástico. La deficiente colocación a causa del viento implica tener que hacer posteriores reparaciones y reacomodos en tramos afectados, lo cual significa mayores costos de instalación y problemas posteriores durante el ciclo del cultivo.

c) No instalar el acolchado plástico en terrenos con camas de siembra que aún tengan terrones, pues impiden que la película quede en total contacto con la superficie lisa de las camas. Los terrones debieron haber sido previamente desmenuzados al máximo, valiéndose de una acamadora con rotavitor o "roto-rastra", o bien con los suficientes barbechos y rastreos, en suelos con un contenido de humedad que permita que los destruya y

no se formen más. El peor enemigo del acolchado plástico son precisamente los terrones, que forman huecos o bolsas de aire por debajo de la película plástica, lo que sobrecalienta el ambiente internamente, incrementan la evaporación y dañan la base de las plantas ahí colocadas, principalmente los cogollos de las más pequeñas, que incluso quedan por debajo del acolchado.

d) Evitar melgas y camas con demasiadas curvaturas, que en muchos casos son resultado de malas maniobras del operador del tractor, o de la falta de ajustes y calibración de la acamadora, sea dúplex o de tres camas, ya que se dificulta la correcta colocación del plástico, quedando en su mayor parte "chueco" o "fruncido", con áreas con un indeseable estiramiento lateral que reduce su efectividad y lo expone a mayores daños por roturas, y otras donde está sobreacumulado, lo que reduce su aprovechamiento.

e) Las bandas plásticas deben quedar bien fijas y enterradas de sus bordos en los laterales de las melgas, mientras que en su interior deben traslaparse, de tal manera que el viento predominante no las penetre, las levante y arranque; así también debe preverse con las escorrentías, asegurándose que éstas no penetren y fluyan al interior del plástico (por traslaparlos al revés) y causen erosión del suelo, resultando en peligrosas cárcavas y zanjas ocultas que pueden dañar al personal y a los equipos cuando circulan por encima de las áreas con acolchado mal instalado.

f) Nunca se debe dejar el plástico muy estirado sobre las camas y mucho menos en la parte baja de ellas, en sus camellones, por donde circula el personal, ya que de hacerlo se incrementa el riesgo de roturas y con ello, la erosión del suelo. Especial cuidado debe dárse a las áreas de drenes, por la importancia que hay de protegerlos de su alto riesgo de erosión por los altos volúmenes de agua que pasan por ellos, producto de las escorrentías de las partes superiores del predio. Deberá considerarse que el plástico sea el suficiente para cubrir adecuada y totalmente las áreas de siembra, incluso los pasos libres entre secciones para el personal de campo y de cosecha, que siempre se dejan para su tránsito. Así también, se deben diseñar los extremos de los cabezales de las melgas de forma redondeada, principalmente donde se dan cruces de caminos, de tal

manera que se respeten los espacios para el libre tránsito de vehículos y equipos aspersores.

g) Una vez colocado el plástico, debe evitarse el exceso de tránsito del personal sobre el acolchado. Durante la siembra de los hijuelos, es mejor que el personal de campo camine normalmente sobre el lomo de las camas, que brincar entre ellas al tratar de evitar pisarlas y compactarlas, ya que al hacerlo de esta manera, es más probable que se rompa o desgarre el plástico en el fondo y los laterales de las camas.

h) Antes de colocar el acolchado plástico deben aplicarse el total de fertilizantes, plaguicidas y demás insumos programados para la primera etapa del ciclo vegetativo del cultivo, ya que después de instalado, se dificulta su aplicación y se causa un daño innecesario al plástico, por el excesivo paso del personal en la plantación.

7.4.3 Conservación y enriquecimiento de áreas forestales en las fincas

La enorme presión que los productores y empresas agropecuarias tienen para ser más competitivos y así poder enfrentar con mayores probabilidades de éxito la globalización de los mercados, los ha obligado a recurrir a prácticas que pueden provocar graves daños al entorno ecológico. Los sistemas utilizados en la producción de piña que recurren al uso intensivo de herbicidas, equipos mecanizados de aspersión y una alta remoción del suelo, para lograr altos volúmenes de cosecha de esta fruta, ciclo tras ciclo, exponen a todos los componentes del ecosistema a una violenta y muchas veces irreversible degradación y/o contaminación en períodos relativamente cortos.

Un problema ecológico asociado con el cultivo de la piña es la deforestación que se provoca en los campos de producción debido principalmente a: i) las plantas de piña que reciben un sombreado significativo no se desarrollan con el mismo vigor, lo que implica pérdida de rendimiento y calidad; ii) los árboles y arbustos representan un obstáculo para el libre acceso, circulación y operación de los equipos aspersores de alto volumen o bandas para la cosecha semimecanizada, cada vez más utilizados en las fincas productoras, cuyas dimensiones de los brazos aplicadores promedian los 15 m de largo; iii) los restos vegetales que los árboles generan son dispersados por el viento, y al caer en las coronas de las frutas, son

considerados indeseables y motivo de rechazo en fruta de exportación; iv) la reducida vegetación, generalmente de poco valor económico, que queda en las pequeñas áreas no aptas para piña, se considera un refugio de plagas, enfermedades, malezas y fauna peligrosa, incluso de ladrones de fruta, de insumos y de equipo agrícola de la propia finca.

En Hawái, donde fue diseñado este sistema de manejo de piñales, la eliminación de la vegetación innecesaria o excedente en las fincas productoras no fue del todo arrasante y exterminadora, como en México. En el sistema hawaiano, las áreas sin vocación piñera se respetan, enriquecen y cuidan por ley, ya que eso ayuda a mantener un equilibrio ecológico menos perturbado y también se disminuyen daños por erosión en las partes bajas de las cuencas y microcuencas de los predios. Lo mismo ocurre en Costa Rica, donde las leyes también se respetan, y los productores y la población en general tienen una mayor conciencia ecológica.

Hasta hace unos 15 o 20 años, casi el total de la superficie piñera era de Cayena Lisa y dependía 100 % de las lluvias, con un manejo a suelo desnudo y cielo abierto, donde, a excepción de la preparación del suelo, todo era realizado manualmente, con un uso de herbicidas relativamente alto, densidades de siembra bajas y medias, y escasa presión por la tierra (relativa alta disponibilidad de ellas), por lo que resultaba muy barato y práctico rentar parcelas y explotarlas al máximo posible durante el período contratado. En esos años, en las fincas, campos de producción y plantaciones, al ser manejadas en su mayoría de forma manual (sin equipos aspersores de alto volumen), la vegetación en los laterales de las melgas de producción, la vegetación arbórea abundante e incluso árboles o pequeñas matillas que se encontraban en medio de ellas, eran respetadas pues no representaban un estorbo significativo para las operaciones normales en el cultivo. Sin embargo, esto cambió drásticamente cuando el cultivo inició la progresiva mecanización en las aplicaciones de los agroinsumos usados durante el ciclo convencional del cultivo.

En la actualidad, al menos 70 % de la superficie piñera se maneja bajo sistemas mecanizados; 30 % recibe riego suplementario; 35 %, o más, se siembra con el nuevo clon MD2, y un 25 % se maneja bajo el sistema de producción intensiva en ambiente protegido, que incluye el acolchado plástico (para proteger al suelo de la erosión) y la malla-sombra (para proteger a las plantas, frutos y vástagos, de la

excesiva radiación solar). Esta mejora sustantiva en la tecnología y la infraestructura de las fincas ha incrementado la presión por los terrenos más aptos para el cultivo y ya se observa una marcada tendencia a una agricultura fija y cada vez menos nómada, que permita una mayor accesibilidad, estabilidad, permanencia y seguridad de inversión para el mejoramiento del suelo en los lotes de producción, y mejor infraestructura de apoyo (caminos, puentes y alcantarillas, sistemas de riego, bodegas, servicios, etc.) en las fincas. Por ello, tanto empresas de gran envergadura, como productores organizados o independientes –aun con menor superficie–, requieren y buscan cada vez con más insistencia, terrenos con estas características que les permitan fácil acceso para desplazar insumos, maquinaria, mano de obra y la fruta ya cosechada, para su venta oportuna.

Es de suma relevancia, especialmente para empresas y productores relacionados con la exportación de piña fresca, que sus procesos productivos sean calificados como "limpios, ecológicos y socialmente responsables", lo cual implica el uso estricto de ingredientes activos y otros productos autorizados, de un mínimo o nulo deterioro del medio ambiente y del respeto a la salud y dignidad de sus trabajadores. Esto les permitirá, en el mediano y largo plazo, distinguirse como empresas exportadoras "de excelencia". Es precisamente la excelencia uno de los objetivos que las empresas exportadoras mexicanas de fruta deben buscar para alcanzar esa imagen. La mayoría de las empresas especializadas en la producción y comercialización de piñas MD2, empacadas para el mercado fresco de exportación (EUA y Canadá) y en tiendas departamentales en México, que cuentan con sistemas intensivos de producción y tecnologías asociadas en campo y empaque, han mostrado interés en lograr mejoras sustantivas en los principales aspectos que su actividad requiere.

Actualmente, son al menos 5,000 hectáreas de plantaciones del híbrido MD2 que cada año deben sembrarse para mantener la misma oferta de fruta y satisfacer a los mercados de exportación e internos. Para lograr esta superficie efectiva de plantación, se requieren de alrededor de 6,000 a 6,500 hectáreas efectivas (20 a 30 % de terreno adicional), ya que el 15 % del total utilizado se dedica a caminos internos y periféricos, y otro tanto a áreas no aptas para piña (lagunetas, partes bajas semiinundables, cañadas, lomeríos acentuados, cañerías, etc.), pero que sí son aptas para otras actividades compatibles con el cultivo principal, como fruticultura

(con base a especies de interés regional) o forestería, principalmente con especies de utilidad a la misma empresa exportadora (melina, teca, etc.). Estas áreas, hasta ahora improductivas o de muy bajo aprovechamiento económico o ecológico, y que representan en general hasta el 25 % de la superficie de la finca piñera típica del Bajo Papaloapan, son factibles a ser utilizadas de una mejor manera, mediante un manejo frutícola-forestal conveniente, con especies adecuadas a la región y el uso de las mejores tecnologías disponibles para ello.

Dentro de los planes que algunas de estas empresas tienen programados están el realizar acciones necesarias para subsanar y revertir, en lo posible, los daños que la inadecuada explotación y deforestación han provocado a los terrenos desde que iniciaron las primeras siembras de piña, en algunas, más de 50 años. Productores, técnicos y directivos involucrados en las empresas exportadoras (además de otros muchos productores que abastecen al mercado nacional) tienen plena conciencia de que muchas áreas dentro de sus fincas están muy degradadas y otras tantas no son debidamente aprovechadas, son improductivas, tienen altos riesgos de incendio, son refugio de flora y fauna indeseable, representan una carga para su mantenimiento y dan un indeseable aspecto al paisaje, lo cual es poco estimulante para los trabajadores, clientes nacionales y agentes comerciales extranjeros que las visitan, cuando se trata de empresas que andan buscando proveedores de fruta para EUA.

La propuesta del INIFAP es que, quienes quieran reforestar sus fincas en áreas no productivas o no adecuadas para piña, deben apoyarse en la Conafor, SAGARPA y otras instituciones relacionadas con la producción y distribución de arbolillos, y de apoyos para esos fines, los cuales incluyen la conformación de un sistema nacional de corredores ecológicos y áreas naturales protegidas, integrado y fortalecido, lo cual disminuirá la presión sobre áreas clave de la biodiversidad, declinará la pérdida y fragmentación de ecosistemas forestales por causa de incendios, y aumentará la captura de CO^2 y la disponibilidad de agua. Esto, para disminuir el avance y grado de daño del cambio climático.

El estado de Veracruz posee una riqueza natural de especies forestales tropicales importantes para la reforestación o enriquecimiento de acahuales, que podrían agruparse en maderas preciosas tales como: el cedro rojo (*Cedrela odorata*), caoba (*Swietenia macrophylla*), roble (*Tabebuia rosea*), primavera

(*Roseodendron Donell-smithii*) y xochicuahuitl (*Cordia alliodora*); otras de interés local y muy adecuadas para bordes de lagunetas, arroyos y caños de agua, como la macaya (*Andira galeottiana* Standl.); además de especies exóticas promisorias, como teca (*Tectona grandis*) y melina (*Gmelina arborea*). Con respecto a especies frutales tropicales y subtropicales con potencial para ser explotadas comercialmente en la región piñera de nuestro interés, el INIFAP tiene estudios sobre un gran número de ellas. La posible inclusión de algunas de éstas en los programas de reforestación en las fincas, dependerá del interés del productor, de su real potencial *in situ* y de la disponibilidad de material fitosanitariamente sano para cubrir la demanda de los productores. Entre las especies frutales potencialmente interesantes, que pueden tener demanda en la misma finca o en mercados regionales, están: mango, tamarindo, carambolo, pitahaya, litchi, mamey, chicozapote, guanábana, cítricos, acerola, nanche y ciruelas, entre otras, prefiriendo plantas injertadas y debidamente certificadas contra las plagas y enfermedades que las afectan en la región.

7.5 Material vegetativo de piña

7.5.1 Producción de material vegetativo genética y fitosanitariamente adecuado

La reproducción comercial de la planta de piña se basa en un estricto proceso de tipo vegetativo, mediante el cual las plantas madre, después de dar un fruto, pueden generar hasta cinco vástagos en promedio (tres clavos y dos gallos) y además una corona. Esta última generalmente se pierde cuando el fruto se comercializa para el mercado en fresco. Esto significa que, cuando un productor adquiere (año cero) el suficiente material de siembra de un nuevo clon (MD2, por ejemplo) para establecer una hectárea de piña, al cabo de un ciclo completo de cultivo (después de cosechar la fruta y dejar medio año crecer los vástagos), este productor obtendrá (año 2) de su propia plantación, entre tres y cuatro nuevos hijuelos (dependiendo del manejo que haya recibido la plantación) para la siembra de 3 a 4 hectáreas (dependiendo de la densidad de plantación a utilizar) y, así de manera indefinida, durante muchos años. Sin embargo, en este proceso continuo de multiplicación vegetativa es normal que se presenten individuos indeseables (mutaciones somáticas), que deben ser eliminados en cuanto se detecten, para evitar propagarlos.

Los vástagos o hijuelos procedentes de plantas con anomalías genéticas que se manifiesten como hojas con exceso de espinas, frutos deformes o deliberadamente "fuera de tipo", según los estándares de la variedad que corresponda y cuya presencia no tenga una explicación de origen nutricional (por ejemplo, falta de Ca, B o Zn) o fisiológica (estrés por sequía, intoxicación por agroquímicos, etc.), deben eliminarse en la primera oportunidad o inmediatamente después de cosechado su fruto. Para ello, con base a las características y los criterios antes señalados, poco antes de la cosecha del fruto se identifican y marcan con pintura distinguible las plantas a eliminar, para que lo antes posible sean excluidas de la plantación y destruidas.

La primera cosecha de vástagos ocurre, en promedio, entre los 16 y 24 meses después del inicio del ciclo, dependiendo del manejo de la plantación en campo. En la mayor parte de los cultivos comerciales, a suelo desnudo y cielo abierto, las plantas sólo alcanzan a producir un ciclo de cosecha y uno de hijuelos; en cambio, en ambiente protegido (acolchado plástico total y malla-sombra), las mejores condiciones de humedad y temperatura permiten que la planta produzca entre dos y tres cosechas.

El corte de los hijuelos debe efectuarse cuando cada uno alcance y obtenga el peso y tamaño adecuado, el cual la mayoría de las veces dependerá y estará acorde a la fecha de plantación considerada por el productor. Generalmente, se realizan cortes programados de hijuelos, para cosechar sólo los que tengan el mismo rango de peso, aunque también ocurre que cuando urge desocupar el lote para una nueva siembra, los vástagos disponibles son cosechados sin importar su tipo y peso (posteriormente se clasifican y separan por grupos, según tipo y rango de peso), mientras éste oscile entre los que son del interés del productor (generalmente de 250 a 800 g para siembras comerciales, pero hasta de 100 g o menos, para programas de incremento intensivo).

Si no se cortan los hijuelos a tiempo, de acuerdo al peso deseado para su siembra, éstos crecerán y será necesario sembrarlos de manera obligada (con altos riesgos de floraciones prematuras invernales), utilizarlos en otra fecha de siembra posterior, venderlos a otro productor o, en todo caso, desecharlos o dárselos al ganado, por haber excedido el tamaño deseado y por no ser de utilidad al programa de producción del interesado. El hijuelo se corta y se coloca sobre la planta-madre con la herida (punto de unión entre el vástago y la planta-madre) expuesta al sol, para que los rayos solares la desinfecten y sequen. También pueden ser cortados y

sembrados inmediatamente, pero se corre riesgo de pudrición basal, aunque un adecuado tratamiento con los fungicidas apropiados reduce esta posibilidad. Lo mejor es dejar que el sol seque perfectamente la herida y plantarlo lo antes posible, para aprovechar la frescura y vigor del material vegetativo.

Mientras que los hijuelos –una vez cosechados– no se siembren, deben colocarse de manera adecuada sobre las plantas madre para su mejor conservación, con la base (donde está la herida del corte) hacia arriba y lo más compactados posible entre ellos. Se debe evitar almacenarlos directamente sobre el suelo, solamente apilados y sin ningún ordenamiento, ya que si se apilan en montones y estos no se remueven y orean constantemente, muchos reactivan su crecimiento de manera inconveniente (incluso, muchos lo hacen en medio del montón, sin recibir luz, por lo que se elongan demasiado y se tornan cloróticos), mientras que la mayoría se pudren, sobre todo en la época de lluvias y altas temperaturas. Cuando se almacenan o resguardan en el suelo bien acomodados (no en montones y desordenados), en melgas bien drenadas de 1.5 m de ancho por el largo conveniente y sin problemas de encharcamientos para su adecuado manejo fitosanitario, existen dos posibilidades de colocación: a) “parados”, donde los hijuelos (igual las coronas) reciben luz y nutrientes de manera casi normal, pero donde podrían enraizar por estar en contacto con la tierra y reactivar su desarrollo como si estuvieran ya sembrados, lo cual no es tan negativo, porque al menos no mueren y pueden ser utilizados en cuanto puedan llevarse a terreno definitivo, y b) “boca abajo”, en este caso los vástagos no reciben luz en sus hojas y por ello las nuevas salen cloróticas y, además, por estar directamente en contacto con el suelo, las posibilidades de pudrición del cogollo o corazón se incrementan de manera importante, por lo que es el método menos recomendable.

La planta del híbrido MD2 es más susceptible a la pudrición por *Phytophthora* y *Erwinia* que Cayena Lisa o Champaka, por lo que sus hijuelos y coronas no deben de permanecer mucho tiempo almacenados sobre otros vástagos o directamente en el suelo, porque disminuye su vigor y se pudren fácilmente. Cuando los vástagos están infestados por ácaro rojo y piojo harinoso, las heridas que estas plagas provocan en las hojas, son puerta de entrada para las enfermedades (Rebolledo et al., 2011).

Lo ideal es evitar que el material vegetativo se deshidrate demasiado, pero de ser necesario, es posible que las coronas, gallos y clavos puedan ser almacenados

hasta por seis meses antes de sembrarse, sin que pierdan viabilidad (poder de reactivar su ciclo); sin embargo, a medida que se prolonga este período, las plantas se deshidratan y pierden reservas nutrimentales, por lo que se reduce el diámetro de su base, se pierde vigor y uniformidad, lo cual resulta en plantaciones heterogéneas y de desarrollo inicial lento. En siembras tardías (diciembre a marzo), el uso de material de gallo y clavo medianamente deshidratado puede ser ventajoso (sobre todo, cuando no se dispone de acolchado plástico y riego), ya que, al momento de sembrarlo, el tallo ya no pierde más volumen por la acelerada pérdida de humedad (como ocurre en material fresco recién sembrado) y se mantiene firmemente colocado en el suelo, por lo que enraíza, incluso, más rápido que el totalmente fresco, el cual sufre más las consecuencias de la relativa sequía de esa época.

Cuando los vástagos a plantar están ya demasiado secos o deshidratados, es normal que una considerable cantidad de sus hojas basales (múltiples y relativamente pequeñas), presenten marcada resequedad e incluso una consistencia dura y apergaminada, casi plástica. Por ello, estas hojas deben ser eliminadas, para que las raíces del hijuelo que están debajo de éstas no tengan problemas en hacer contacto directo con el suelo y así puedan activarse y desarrollarse lo antes posible. Cuando las hojas basales secas son muy abundantes y no son retiradas antes de sembrar los vástagos, es que, por su posición, forma y textura de difícil degradación, estas hojas conforman o funcionan a manera de un capuchón o barrera, donde las raíces quedan atrapadas en su interior, por lo que no logran tener un inmediato y total contacto con el suelo ni desarrollar y cumplir con sus funciones de alimentar a la planta. Dentro de ese capuchón –que funciona a manera de vaso contenedor– se acumula agua en demasía, por lo que muchas de las raíces se asfixian y otras incluso se pudren, lo que provoca que las plantas no arraiguen (o sólo algunas y de manera parcial, cuando las raíces logran salir de ese capuchón), se desequen progresivamente y la plantación se desarrolle de manera desuniforme, con consecuencias negativas sobre todos los parámetros de evaluación esperados, sean estos productivos, de calidad o económicos. Esta deshidratación tiene como posibles causas: que el vástago haya sufrido un largo período de almacenamiento en campo y, por ello, deshidratación extrema; que el daño sea por un fuerte ataque de ácaro rojo, antes y durante el período de almacenamiento, o más frecuentemente, por una combinación de ambos.

Antes de iniciar la plantación es necesario asegurarse de que los vástagos estén libres de plagas, enfermedades y semillas de malezas indeseables, por lo que

se deben realizar muestreos fitosanitarios y de nutrición de manera frecuente, desde que los hijuelos brotan en las plantas madre, hasta poco antes de su cosecha, para determinar qué tratamiento deberá aplicárseles para que se mantengan libres de estos parásitos y se les considere material sano, sobre todo si el material será sembrado en lugares exentos de ellas. La desinfestación del material vegetativo se logra, principalmente, mediante la aplicación oportuna y correcta de los plaguicidas adecuados (Rebolledo et al., 2011, 1998).

La desinfestación es muy importante cuando el material va a trasladarse a lotes dentro de la misma finca, pero además es obligatoria cuando los vástagos serán trasladados fuera de las fincas, más aún cuando irán fuera de la región, estado o país, ya que, para su traslado, se requieren certificados fitosanitarios oficiales, por lo que los interesados en ello deben realizarlos con antelación. De no cumplir con esta disposición, la diseminación de los problemas fitosanitarios en lotes infestados e infectados se extenderá irremediablemente a otras fincas, regiones y países. Cuando se programe el traslado de material vegetativo a distancias considerables, que impliquen varios días o semanas, se deben utilizar vástagos totalmente libres de plagas, enfermedades y semillas de malezas, de un peso-tamaño pequeño (250 a 400 g de peso fresco), recién protegidos con funguicidas sistémicos (contra *Phytophthora* y *Thielaviopsis*), recortados de su follaje excesivo y expuestos al sol hasta lograr un grado de deshidratación intermedia. De esta manera se puede trasladar un mayor número de individuos, ya que además de un menor peso-volumen, pueden ser mejor estibados, pues soportan más compactación, sin riesgo de que su cogollo o meristemo apical se fracture por la compresión que los estibadores hacen en ellos al acomodarlos para el viaje.

En material vegetativo aún no cortado, una vez cosechado el fruto, rasurado el acahual-madre y eliminadas las plantas enfermas, debe hacerse una primera aplicación de insecticidas/acaricidas específicos para eliminar al máximo las plagas presentes, utilizando algunos de los productos que se indican en el capítulo correspondiente. Las plantas ya tratadas deben examinarse periódicamente y en caso de detectarse nuevas infestaciones de piojo harinoso, ácaros (en hojas y tallos), sinfílidos, comejenes y nemátodos (en las raíces o base de las plantas) deben realizarse otras aplicaciones hasta 10 o 15 días antes del corte de los hijuelos.

Rebolledo et al. (2011) señalan que, debido a que los materiales de propagación (clavo, gallo y corona) son diferentes tanto en sus características

morfológicas, como en su ciclo de desarrollo, deben establecerse en lotes separados. Los detalles sobre ellos pueden encontrarse en la sección siguiente.

7.5.2 Criterios para determinar fechas de siembra

El período de siembra, bajo condiciones de estricto temporal, normalmente va de mediados de mayo hasta noviembre, diciembre o enero, según duración del mismo, en la región de la cual se trate. Hacerlo antes pone en riesgo la uniformidad del establecimiento y aumenta las probabilidades de mayor incidencia de floraciones prematuras invernales; realizarlo después también pone en riesgo la calidad del establecimiento de las plantas –por sequía o falta de la humedad suficiente– y se incrementa el riesgo de extender en demasía el ciclo del cultivo y hacerlo más costoso. Con la disponibilidad de la tecnología de ambiente protegido, que incluye acolchado plástico total, riego y malla-sombra, la humedad disponible para las plantas aumenta, por lo que los riesgos de falta de uniformidad y atraso en el establecimiento disminuyen drásticamente; pero, aunque menor, el problema de tener floraciones prematuras invernales persiste si se utilizan hijuelos de pesos inadecuados para las fechas de siembra seleccionadas.

Una planta de piña de peso chico-mediano (250 a 400 g) sembrada en primavera o verano, incluso una de peso mediano (450 a 500 g) sembrada en otoño pero que llega a la época invernal con un ritmo vegetativo débil, muy "estresada" (plagada, enferma, desnutrida o deshidratada) o, incluso, ya fisiológicamente "madura", puede fructificar aun cuando no haya alcanzado el peso fresco suficiente, dando origen a frutos comercialmente inadecuados (pequeños, de mala calidad) y que no maduran todos al mismo tiempo, por lo que su programación para el mercado fresco nacional y de exportación es muy difícil. Por ello, el material vegetativo debe sembrarse con los pesos adecuados para cada fecha programada, considerando el genotipo, fertilidad del suelo en el lote sembrado, disponibilidad de humedad (temporal o riego) y sistema de manejo. El híbrido MD2 es el doble de susceptible a la floración prematura que las variedades Cayena Lisa y Champaka, siendo esta última la menos susceptible de todas.

De requerirse, un productor o empresa pueden programar una plantación para que florezca de manera natural en la época invernal, cuando ésta ya alcanzó su máximo desarrollo para dar un fruto comercial cuya venta será entre el final de

la primavera y a principios del verano. Sin embargo, tal situación es totalmente diferente al de las plantaciones que, sin programarse, florecen en esa época sin haber alcanzado el peso fresco ideal, lo cual va en contra de los objetivos del productor o técnico responsable del piñal.

El problema de las floraciones prematuras, aunque menos frecuente y poco probable bajo ambiente protegido, es especialmente preocupante cuando, por la falta de selección del material vegetativo o el uso del mismo con peso superior al adecuado para esa época, ocurre en plantaciones en donde el suelo ha sido acolchado con plástico en su totalidad, ya que uno de sus fines es el de lograr hasta tres cosechas de fruto (o al menos dos) de manera continua, sin volver a preparar el suelo y hacer otras siembras de vástagos. Esto porque, al presentarse ya desde el primer ciclo (plantilla) varios flujos de floraciones prematuras indeseables (hasta ocho) diferenciadas durante la época invernal (mediados de noviembre a mediados de febrero/marzo), espaciadas cada 8 a 15 días, la plantación pierde uniformidad y con ello también los programas y prácticas de manejo y cosecha de los ciclos posteriores. Lo anterior complica el manejo del cultivo y eleva los costos de producción, por tanto, en donde no conviene continuar con el programa original, sólo se aprovecha una cosecha de fruta y lo más que se logre de vástagos, para luego proceder a arrancar las plantas madre y dispersarlas en otros terrenos para su debida trituración e incorporación, y volver a sembrar otros nuevos vástagos –que sustituyen a las plantas madre desechadas– exactamente en los mismos hoyos que ya tiene el acolchado plástico, pero sólo después de haber aplicado el tratamiento fitosanitario (en cada punto de siembra), contra nemátodos, sinfílidos, comején y enfermedades que afecten a las raíces de las nuevas plantas. Así, sin tener que volver a preparar el terreno para un nuevo ciclo productivo, se aprovecha el acolchado plástico para, al menos, otros dos o tres ciclos productivos, procurando que el problema de floraciones prematuras no se repita por usar vástagos de un peso inapropiado para la época.

Para definir cuáles son las características más adecuadas del material vegetativo para una determinada fecha de siembra, según las condiciones climatológicas del lugar de producción, lo mejor es considerar la experiencia local de los productores y técnicos más destacados y exitosos, porque las respuestas

de los diferentes materiales genéticos disponibles, tipo de hijuelos y rangos de sus pesos son muy distintas, incluso dentro de la misma región, como lo es la del Bajo Papaloapan. Por ejemplo, dos plantaciones idénticas realizadas al mismo tiempo y bajo el mismo manejo agronómico durante su ciclo, ubicadas en la región del Bajo Papaloapan, una en Loma Bonita, Oaxaca (al oeste) y otra ubicada en Los Tigres, municipio de Juan Rodríguez Clara, Veracruz (al este), distanciados por tan solo 100 km, tienen diferente duración de su ciclo productivo, porcentaje de floración prematura y rendimiento; mientras que más diferencias presentan si la plantación está en La Chontalpa, municipio de Huimanguillo, Tabasco, donde llueve más y las condiciones de nubosidad son mayores y por lo tanto, de menor luminosidad (horas de luz directa efectivas/día).

Tanto productores experimentados que surten al mercado fresco nacional, como grandes empresas exportadoras con el mayor nivel tecnológico y dedicados al mercado internacional en fresco, tratan de utilizar en sus siembras material vegetativo de tipo y peso más adecuado a cada mes de siembra; sin embargo, en la práctica, ante la dificultad de disponer durante todo el año del material idóneo de los principales materiales genéticos disponibles que cultivan, se ven forzados a utilizar hijuelos de diferentes tipos y rangos de peso (en lotes separados, nunca mezclados), de manera más o menos constante, con la finalidad de aprovechar al máximo la producción y disponibilidad de material de siembra, pero siempre tratando de evitar los problemas de floraciones prematuras para no alterar sus programas de siembra-cosecha.

Se debe tener presente que las siembras hechas con material vegetativo más chico o más grande que el óptimo para tal o cual mes, deberán ser aceleradas o retrasadas con manejo de campo, según convenga, para inducirlas a floración artificial cuando alcancen un peso adecuado y así dar un fruto comercial, con el menor porcentaje de floraciones prematuras posible. Esto implica aceptar y tener que manejar ciclos de hasta 18 meses de siembra a cosecha cuando se siembra material vegetativo pequeño, pero también otros menores a los 12 meses (hasta de sólo 10, en casos extremos) cuando se siembra material grande, aunque su cosecha pueda darse en épocas de mayor oferta y menores precios.

Los pesos frescos de los vástagos de piña sugeridos en el cuadro 16, para los diferentes meses del año, corresponden a los disponibles y validados regionalmente para las variedades Cayena Lisa y MD2, bajo condiciones de temporal estricto y manejo convencional (suelo desnudo y cielo abierto). Sin duda, en estos mismos materiales bajo un manejo en ambiente protegido, con disponibilidad de riego suplementario y condiciones edafoclimáticas favorables, la respuesta de las plantas al crecimiento será mayor, lo que puede significar una ventaja (generalmente) o bien un problema (lo menos probable) para el productor, ya que este mayor vigor del cultivo, alterará inevitablemente su programa de manejo original, haciéndolo dos o hasta cuatro meses más corto. También es frecuente que este mayor ritmo de crecimiento sea un fuerte obstáculo para que las plantas logren un alto porcentaje de efectividad en el Tratamiento de Inducción Floral (TIF) durante los meses que siguen al inicio de las lluvias (julio, agosto y septiembre), donde las inducciones artificiales pueden fallar (hasta en 80 %) a consecuencia de la acumulación de nitrógeno en las plantas en una cantidad mayor de la necesaria, durante la reactivación del temporal.

Utilizando como referencia el material de siembra de Cayena Lisa, los tamaños sugeridos para MD2, bajo las mismas condiciones descritas, deben ser menores, mientras que en el caso de Champaka, por ser menos susceptible a la floración prematura, puede ser de un peso fresco de rango mayor, aunque no es obligado.

A continuación, se dan algunas sugerencias a manera de orientación general, para ayudar al productor a tomar decisiones más razonadas sobre el material de siembra a utilizar, según necesidades. Los pesos sugeridos por tipo de vástago (material vegetativo fresco y recién cortado) corresponden a lo observado bajo condiciones de temporal estricto y manejo a suelo desnudo (Rebolledo et al., 1998).

Cuadro 16.
Mes de plantación para cada tipo de material de piña, de acuerdo con su peso en Cayena Lisa y MD2

Variedad	Tipo de material	Peso del material (g)	Tamaño (cm)**	Mes de plantación
Cayena	*Corona*	250	16	Todo el año
		350	20	Todo el año
	Gallo	250	31	Julio
		350	37	Agosto
		500	41	Septiembre
		650	45	Octubre
		800	50	Noviembre, diciembre enero
MD2	*Clavo*	300	42	Julio y agosto
		400	45	Septiembre
		600	55	Octubre
		800	60	Noviembre
		1000	65	Diciembre y enero
	Corona	250	16	Todo el año
		350	20	Todo el año
	Gallo	200	30	Julio
		300	35	Agosto
		400	40	Septiembre
		550	45	Octubre
		700	50	Noviembre, diciembre enero
	Clavo	250	40	Julio y agosto
		350	45	Septiembre
		500	50	Octubre
		650	55	Noviembre
		800	60	Diciembre y enero

*Peso del material recién cortado; **En pesos superiores a 400 g, el tamaño es variable, por lo que su selección deberá ser estrictamente por peso.
Fuente: Rebolledo et al. (1998), Rebolledo et al. (2011).

Coronas. Su época de plantación puede comprender todo el año. El período más frecuente en épocas anteriores fue durante la época de secas, dado que si se establecían durante la época de lluvias muchas se perdían, por ser muy susceptibles a pudriciones del cogollo y la raíz, pero ahora con un estricto control fitosanitario –mediante la aplicación de los fungicidas adecuados– se pueden evitar casi totalmente dichas pérdidas. Su disponibilidad sólo se da cuando plantas procesadoras las desechan.

Gallos. Su época de plantación puede comprender todo el año si se cuenta con riego. Son más utilizados cuando hay que evitar floraciones prematuras, pues son menos susceptibles que los clavos.

Clavos. Las indicaciones son similares al tipo anterior, pero considerando que son más vigorosos en su ritmo de crecimiento y más susceptibles a floraciones prematuras.

La época de plantación de todos los materiales de siembra disponibles puede extenderse a todo el año cuando se cuente con acolchado plástico total, riego y malla-sombra (Rebolledo et al., 2011). El uso combinado de estos recursos técnicos utilizados en la tecnología de ambiente protegido, reduce la ocurrencia y severidad de las floraciones prematuras hasta en 80 %, o las retrasa por lo menos un mes, y sus frutos son 30 % más grandes, en contraste con los porcentajes y frutos obtenidos con el mismo material vegetativo y fecha de siembra, pero bajo suelo desnudo y cielo abierto.

La siembra de hijuelos muy grandes o incluso medianos, con hojas de un largo excesivo que sólo dificultan su transporte y manejo, resultan con problemas adicionales que tienen que ver con lluvias torrenciales y vientos fuertes, los cuales los mueven u oscilan sobre su punto de siembra, y finalmente los “afloja”, comprometiendo su arraigo y posterior desarrollo. La solución es recortar en suficiencia su follaje excedente, con un cuchillo/machete muy bien afilado, pero sin comprometer de más su área foliar activa ni su meristemo apical (cogollo). Esto se puede hacer inmediatamente después de una anterior y rigurosa selección y clasificación por tamaño/peso. Esta poda y su “nuevo peso fresco” no confiere a esos hijuelos nuevas características, como las que tiene de manera natural un hijuelo del peso equivalente, pero sin haber sido rasurado, es decir, el “rasurado” no le quita lo “viejo” y lo “pesado” al material tratado, sólo lo recorta en su tamaño para

un manejo más fácil. Tratar de "emparejar" hijuelos de diferente peso/tamaño (por ejemplo, tratar de igualar hijuelos de 400 g con otros de 700 g) mediante una poda que les deje exactamente igual en tamaño es, además de inútil, contraproducente al final del ciclo, ya que resulta en una gran disparidad de tamaños de fruta en la cosecha.

7.5.3 Densidad de siembra y peso promedio de fruto esperado

En el cuadro 17 se describen los rendimientos potenciales de fruto de piña (Cayena Lisa o MD2) por hectárea, en porcentajes por tipo/peso, según densidad utilizada, en una plantación modelo cultivada con vástagos uniformes de 500 g de peso fresco a la siembra (en septiembre/octubre), suelos medianamente fértiles, adecuadas condiciones climatológicas y ciclo vegetativo (antes de aplicar el Tratamiento de Inducción Floral) de al menos 10 a 12 meses bajo un manejo convencional (suelo desnudo y cielo abierto), o de seis a ocho meses bajo un manejo en ambiente protegido, en la región del Bajo Papaloapan.

Cuadro 17.
Rendimiento potencial de piña, en toneladas de fruto fresco/ha, y porcentaje obtenido por tipo de mercado, según densidad de población, en la Cuenca Baja del Papaloapan, con adecuado manejo convencional y ambiente protegido

Densidad (plantas/ha)	% Tipo A Fresco nacional (2.5 kg)	% Tipo B Proceso Industrial (1.8 a 2.5 kg)	% Tipo C Fresco exportación (1.3 a 1.8 kg)	Peso promedio fruto (kg)	Rendimiento potencial* redondeado (t/ha)
30,000	72	28	0	2.8	85
35,000	68	27	5	2.6	90
40,000	55	35	10	2.4	100
45,000	46	40	14	2.3	105
50,000	40	42	18	2.2	110
55,000	35	45	30	2.1	120
60,000	18	47	35	2.1	125
65,000	12	47	41	2.0	130
70,000	5	45	50	1.9	135
80,000	4	20	76	1.6	130

Fuente: Rebolledo et al. (2011).

Las plantas de MD2 logran generalmente, bajo un mismo manejo y programa nutricional, frutos de entre 15 y 20 % menos peso que Cayena Lisa (Rebolledo et al.,

2011), pero si al híbrido se le compensa ese nivel de nutrición o se le extiende sólo un poco –o lo necesario– el ciclo vegetativo, los rendimientos se homologan. Muchos productores experimentados en el cultivo de ambos genotipos señalan no ver esas diferencias, pero sí una tendencia a menores rendimientos del MD2 por floraciones prematuras y pudriciones, durante los ciclos de producción cosechados.

Para que las plantas de piña y sus raíces tengan las mejores condiciones para su desarrollo, y con ello den un excelente fruto, independientemente de la densidad de población utilizada, su distribución espacial (arreglo topológico) en el terreno y cama de siembra es fundamental. Se debe procurar que cada planta disponga del mayor espacio propio para arraigar y extender su sistema radical al máximo; lo mismo para que la parte aérea crezca con relativa libertad y el espacio, la luz y el aire sean suficientes para que, en un tiempo razonablemente corto, produzcan un fruto con las características de peso, forma y calidad deseadas.

Para seleccionar el mejor arreglo topológico para las plantas se deben considerar las necesidades, facilidad y comodidad de tránsito del personal de campo para la realización de las múltiples actividades manuales dentro de las plantaciones durante el ciclo del cultivo (siembra, aplicación de fertilizantes y pesticidas sólidos, protección cosecha de frutos y nuevos vástagos), por lo que la inclusión de espacios suficientes entre las hileras de cultivo es necesaria. Además, también se debe considerar la mejor opción que permita un menor daño a las hojas de las plantas ya desarrolladas y la mayor eficiencia de los equipos aspersores de alto volumen para la aplicación de insumos y de equipos de cosecha semi-mecanizada, en caso de plantaciones muy tecnificadas.

Esto se logra utilizando un arreglo topológico adecuado a la densidad de siembra a establecer (Cuadro 18). Los mejores arreglos topológicos en piña, tanto para las plantas como para realizar las actividades del personal en campo y equipos aspersores de alto volumen, son los que implican la siembra de los vástagos en hilera doble, en camas construidas sobre melgas de 30 m de ancho, con los caminos adecuados entre ellas para el tránsito de vehículos y maquinaria agrícola. Arreglos con tres hileras en el mismo lomo de la cama no son funcionales, pues las plantas de en medio, resultan con rendimientos hasta 30 % menores que sus compañeras externas.

Su implementación en campo puede hacerse directamente sembrando las plantas en suelo plano sin más preparación que la convencional, sin embargo, esto no es lo más adecuado, ya que implica altos riesgos por excesos de humedad en épocas de lluvia o sobrerriegos, principalmente para el híbrido MD2. Un mal drenaje en el lote de producción aumenta aún más el riesgo de enfermedades fungosas en raíz y cogollo, así, para evitar el exceso permanente o temporal de humedad, las plantas se deben sembrar a hilera doble sobre camas con forma ligeramente piramidal, reforzadas con el adecuado sistema de drenes y canales, los cuales deben drenar sólo el agua excedente, sin provocar el desecamiento del suelo ni aumentar los riesgos de erosión (Rebolledo et al., 2011).

Cuadro 18.
Arreglos topológicos adecuados para piña establecida a hilera doble, según dimensiones de las camas de siembra y densidad de plantación en la región del Bajo Papaloapan, INIFAP

Densidad de plantación (plantas/ha)*	Anchura cama de siembra (cm)**	Distancia entre calles en hilera doble (cm)		Distancia entre plantas en las hileras (cm)
		Ancha	Angosta	
40,000	110/	70	40	45
	120	80	40	42
45,000	110	70	40	40
	120	80	40	37
50,000	110	70	40	36
	120	80	45	33
55,000	110	70	40	33
	120	80	45	30
60,000	110	70	40	30
	120	80	45	27
65,000	110	70	40	28
	120	80	45	25
70,000	110	70	40	26
	120	80	45	23
80,000	110	70	40	22
	120	60	45	20

*Cifras redondeadas para hectáreas efectivas de plantación (excluye calles y caminos de acceso).
**Camas de siembra/ha: 91 de 110 cm y 83 de 120 cm; Camas de siembra/melga de 30 m de ancho: 27 de 110 cm, y 25 de 120 cm.
Fuente: Modificado con base en Rebolledo et al. (2011).

7.5.4 Métodos de siembra en piña

Una vez preparada la cama de siembra, seleccionada la variedad, tipo y peso de vástagos a plantar; definida la densidad y el sistema de manejo a utilizar ("tradicional", "convencional" o "ambiente protegido"), se procede a seleccionar el método de siembra que mejor se adecue a los fines de la plantación. A la fecha, en México, la siembra o plantación comercial de los vástagos y coronas de piña es completamente manual, ya que es la única forma que garantiza la mejor colocación y afianzamiento de cada planta, sobre todo, cuando el suelo está protegido con acolchado plástico total. Las plantas pueden ser sembradas de dos maneras: 1) colocándolas con las manos, directamente a presión en el centro de pequeños surcos denominados "rayas"; 2) más frecuentemente, en hoyos del tamaño adecuado hechos ya sea con espeque, cava-hoyo o "palín" (Rebolledo et al., 2011).

Las plantas deben quedar sembradas sobre las camas (o en terreno preparado, pero en plano) en un arreglo en "tresbolillo", el cual permite una mejor distribución de las raíces en el terreno, captación de energía solar más eficiente y menor competencia con la maleza, principalmente en densidades medianas y altas. Las hileras deben quedar trazadas y sembradas de manera equidistante, de lo contrario se dificultan las labores y aplicaciones, principalmente las mecanizadas.

Las plantas periféricas de los surcos orilleros y las cabeceras, suelen producir frutos más grandes (por su menor competencia por luz y nutrientes), que las del interior del piñal. Este es un importante detalle, ya que en las plantaciones para los mercados fresco de exportación y de proceso industrial, los frutos grandes son indeseables o muy poco solicitados. Para evitarlo, se debe: i) rematar los extremos de las hileras dobles con una tercera planta (adicional) colocada entre las dos plantas que, de manera normal, forman la calle angosta, y ii) establecer con tres hilos, no con dos (que es lo normal), las hileras de las orillas de las melgas de siembra para también incrementar la competencia entre plantas y lograr frutos de peso más adecuado para los fines de la empresa.

Antes de iniciar la plantación, además de verificar que el terreno esté bien preparado, se debe confirmar que las condiciones de humedad sean las más adecuadas para realizar la siembra. Hacerla cuando el terreno está demasiado húmedo puede ser inoportuno y contraproducente por el maltrato que las pisadas del personal sembrador provocan a las camas de siembra, incluso cuando el lote

está con acolchado plástico total, además de que los hoyos donde se colocan los vástagos quedan con sus paredes muy compactadas por lo apelmazado del suelo, por lo que quedan muchos espacios vacíos entre éste y la base del hijuelo. Sembrar cuando el suelo tiene bajo contenido de humedad tiene el inconveniente de que los hoyos de siembra se "derrumban" o colapsan por la poca adherencia de las partículas arenosas del terreno, o bien, a que el punto de siembra se endurece, lo que dificulta el ahoyado y colocación del vástago en su sitio. Las plantas deben sembrarse inmediatamente después de hacer los hoyos o rayas, para evitar la pérdida de humedad y compactación del terreno.

El método seleccionado para sembrar el material vegetativo de piña debe garantizar que los vástagos queden lo más correctamente colocados, firmes y asegurados a la cama de siembra. Un mal asentamiento de los hijuelos en el suelo resulta en la presencia de espacios vacíos o "bolsas de aire" entre la base de las pequeñas plantas y el suelo, que generan o propician pudriciones, deficiente emisión de raíces, mal y desigual arraigo de las plantas, dejándolas sin sostén y poco acceso al agua y nutrientes del suelo. La planta afectada, si es de Cayena Lisa o Champaka, se torna rojiza y adquiere un aspecto raquítico y reseco, pero si es de MD2 su color se torna verde pálido (debido a que no tiene carotenos en sus hojas, que permitan este contraste) o casi amarillo, síntomas que se confunden con ataques de plagas del suelo o con la marchitez roja, enfermedad provocada por virus transmitidos por el piojo harinoso. Esto da como resultado plantaciones poco uniformes, con menores rendimientos, frutos con peso y calidad muy heterogéneos y de menor valor en los mercados.

Durante la siembra, los vástagos nunca deben enterrarse con el cogollo o meristemo apical más abajo del nivel del suelo, ya que cuando esto ocurre, su crecimiento se reduce, la planta afectada se atrasa en su desarrollo y se corre el riesgo de ataque por hongos y bacterias. Por tanto, es muy importante considerar que las dimensiones del hoyo correspondan exactamente a las requeridas para el tamaño y peso del vástago y la profundidad de siembra, según la longitud de su base y altura del cogollo. Esto obliga a que las herramientas que se utilicen para hacer dicha cavidad sean las idóneas. En suelos con acolchado plástico total, la siembra de vástagos debe procurar que ninguna planta quede con su cogollo o meristemo apical por debajo del nivel de la película plástica.

Cualquiera que sea el método de siembra utilizado, el sembrador debe darle un giro de unos 45° al vástago al momento de sembrarlo, antes de apretar el suelo a su alrededor, con la finalidad de que les penetre suficiente suelo a las partes axilares de las hojas bajeras, donde están las raíces adventicias y así se activen lo antes posible para que las plantas reinicien su crecimiento de manera rápida y homogénea. De lo contrario, las raíces adventicias, responsables de iniciar el arraigo de las nuevas plantas sembradas, quedarán aisladas de las partículas de suelo y sin posibilidades inmediatas de hacer contacto con ellas para reiniciar su activo crecimiento y expansión.

Los métodos de siembra más utilizados en piña, en la región del Bajo Papaloapan se describen a continuación (Rebolledo et al., 2011).

Rayado. Es propio para la siembra de piña en plano, sin camas; usado casi exclusivamente en Cayena Lisa y Champaka en plantaciones especializadas para producir fruta grande para el mercado fresco nacional, por lo que las densidades de plantación utilizadas son bajas o intermedias (30 a 40 mil plantas/ha). Cuando los pequeños surquillos o "rayas" están ya hechos y perfectamente ubicados en las melgas de siembra, algunos productores pueden incluso, acolchar el lote de manera total, pero antes colocan y distribuyen a chorrillo el fertilizante y los nematicidas granulados sobre las rayas, en banda, luego instalan el plástico y posteriormente proceden a realizar la siembra de los vástagos.

Para formar las rayas se utiliza el arado de reja o roturador tipo topo. Algunos productores les quitan los "zapatos" o "rejas" que traen las "patas" o "brazos", para reducir la roturación del suelo y hacer más rápida la labor, aunque lo mejor es utilizarlas para lograr una labor completa, ya que mejoran el drenaje interno del terreno de manera significativa. Los cuatro cinceles con que cuenta se espacian de manera equidistante a 80 cm, para trazar sólo hileras sencillas; mientras que para trazar hileras dobles se colocan en pares para lograr un distanciamiento de 70 cm para la calle ancha y 55 cm para la calle angosta. Las patas se entierran (con o sin rejas) a la profundidad requerida, que va de los 25 a 30 cm). Las ventajas de este método es la rapidez en el trazo de las rayas de siembra, la mayor eficiencia en la mano de obra para la siembra de los vástagos y el buen asentamiento que se logra de ellos en el suelo, ya que se siembran directamente, enterrándolos a presión y posteriormente apisonándolos con los pies en sus laterales. El problema de este

sistema es que, en períodos con condiciones de alta humedad del suelo, las raíces de las plantas sufren de asfixia temporal, tantas veces como frecuente sea esta condición. Cayena Lisa y Champaka son menos dañadas por estos excesos, pero MD2 es doblemente afectada, por lo que no se recomienda su uso en plantaciones con este híbrido.

Ahoyado. Se tienen tres alternativas (espeque, cava-hoyo y palín). Las dos primeras, que son las más tradicionales, son utilizadas generalmente en melgas que no tienen camas de siembra, sino que la siembra es "en plano", las cuales, invariablemente requieren del auxilio de sogas o lienzas marcadas (de hasta 50 m de largo) con puntos bien distinguibles que señalan las distancias de siembra entre plantas, además de estacas en sus extremos para fijarlos y para señalizar las hileras y distancias entre ellas. Estos métodos también se caracterizan porque los hoyos de siembra se hacen de manera previa e independiente a la siembra definitiva del vástago; en tanto que con el palín, la siembra se debe hacer de manera simultánea. Estas tres opciones se describen a continuación:

a) *Espeque*. Es el más antiguo de los sistemas en la región. El hoyo se hace al ejercer una alta y puntual presión sobre el suelo, es decir por compactación en un solo punto para abrir un espacio de determinado volumen, según se requiera. Para hacer los hoyos de siembra se utiliza un palo, estaca o espeque de madera dura y pesada, de al menos 1.5 m de longitud, con un diámetro uniforme de 12 cm de forma redondeada, con uno de sus extremos en forma de punta a la cual (preferentemente) se le pone una capucha metálica que permita un uso constante, sin tener que afilarla de manera frecuente. Para lograr que los hoyos sean hechos de acuerdo a lo requerido por cada tipo y tamaño de las plantas a sembrar, los productores más avanzados que los utilizan, tienen capuchas metálicas de diferentes tamaños y con "topes" también metálicos a diferentes alturas de las capuchas, para impedir que el espeque profundice más allá de lo requerido. Es muy práctico, y casi indispensable, cuando las siembras se hacen en condiciones muy rústicas, en terrenos mal preparados o donde no puede usarse maquinaria. En terrenos bien preparados sólo se usa en lotes de baja densidad de plantación, exclusivas para el mercado fresco nacional y donde no se usan camas,

sólo siembras “en plano”. Para que los hoyos queden bien formados y con la consistencia necesaria para una buena siembra, deben hacerse bajo buenas condiciones de preparación y humedad de suelo. Con poca humedad los hoyos se derrumban y los hijuelos no pueden enterrarse fácilmente a la profundidad debida, mientras que con mucha humedad, los hoyos quedan con sus paredes muy compactadas, casi cementadas, por lo que aunque se trate de compactar el suelo una vez colocado el vástago, la presencia de grandes espacios vacíos o bolsas de aire, es prácticamente inevitable, con sus graves consecuencias.

b) *Cava-hoyo*. Este sistema es muy parecido al del espeque, sólo que el mecanismo de esta opción permite ahoyar aun bajo condiciones de poca humedad y terrenos muy arenosos. En este caso, el hoyo de unos 12 cm de ancho se hace al retirar un volumen determinado de suelo, mediante dos hojas metálicas móviles con forma de medios cilindros, con filos en su base. El cava-hoyo, de dos piezas móviles metálicas instaladas en su parte baja, tiene dos brazos de madera de 1 m de largo por unos 6 cm de ancho, con los cuales se manipulan las hojas (se abren o cierran) y el apero en su conjunto. El extremo metálico (cilindro) se entierra en el suelo en cada punto deseado, donde penetra según la presión o fuerza que se ejerza, pero casi siempre no más allá de la capacidad del cilindro según su calibre (hasta 20 cm), por lo que los productores más avanzados que los utilizan tienen varios de ellos, para valerse del más adecuado, según tipo y tamaño de los vástagos a sembrar, los cuales requieren hoyos de entre 10 y 15 cm, por lo general.

c) *Espátula, cuchara o palín*. Este sistema es el más recientemente utilizado en México, traído de Costa Rica, aunque tiene su origen en Hawái. En este caso, el hoyo se hace al desplazar lateralmente un volumen determinado de suelo, mediante un instrumento relativamente ligero, poco voluminoso, que cuenta con una hoja o plancha metálica de forma romboidal, que semeja una cuchara de albañilería. Esta hoja metálica, que es la parte fundamental del palín, debe tener en promedio 0.5 cm de grosor, 25 cm de largo y 10 cm de ancho, con filos en su punta y laterales inferiores y con un asa o mango de 25 cm, también metálico, para sostenerlo y

manipularlo. En la práctica, los productores más avanzados que lo utilizan, tienen hasta cuatro versiones diferentes de ellos para valerse del más adecuado, según tipo y tamaño de los vástagos a sembrar. El palín permite al operador hacer el hoyo y plantar el vástago al mismo tiempo. El hoyo de siembra se hace al ejercer primero una regular presión o fuerza vertical sobre un solo punto del suelo para enterrar el instrumento hasta una profundidad determinada y, luego, jalarlo hacia un lado para abrir el espacio suficiente y poder introducir la base del vástago y dejarlo sembrado. Basta dar inmediatamente un giro de 45° al vástago para que agarre tierra y luego darle un pisotón firme y suficiente a una de las partes laterales del suelo, cerca de la base del vástago recién sembrado, para compactar esa área y eliminar las bolsas de aire.

La siembra con palines ha sido mayormente adoptada en los últimos años por ser más práctica y eficiente, sobre todo cuando se utilizan camas de siembra, alta densidad de población y acolchado plástico total como son las plantaciones manejadas con la tecnología de "Producción intensiva de piña en ambiente protegido". La siembra de los hijuelos en lotes con acolchado plástico se hace casi exclusivamente con palines, ya que los otros métodos resultan poco eficientes e, incluso, contraproducentes por el tamaño no regulado del hoyo que forman, tanto en el suelo como en la película plástica. Los palines deben ser de longitud y anchura adecuada al material de siembra, para no perforar de más la película y para evitar que por el excedente, brote maleza o se escape la humedad del suelo de manera innecesaria.

Para hacer la siembra de forma precisa con un palín, la anchura y longitud de su pala debe ser variable y corresponder al tipo y dimensiones del material vegetativo que se sembrará en un lote en específico. Lo ideal es que al hacer el orificio en el suelo con la espátula o palín seleccionado, el tamaño del hoyo y de la abertura en el plástico que lo cubre, sean solamente del tamaño suficiente para que la base de la planta entre ajustada y se siembre sin problemas, pero sin que las aberturas del plástico den oportunidad a las semillas de maleza de germinar, crecer y florecer. El orificio en el suelo debe hacerse de afuera hacia adentro de la

cama, de tal forma que ésta mantenga su forma y no se desmorone. Cada planta se entierra tratando de que las primeras hojas basales hagan contacto con la tierra, para facilitar su enraizamiento.

7.6 Necesidades nutrimentales del cultivo de piña

7.6.1 Función de los nutrientes y síntomas de deficiencia

Los siguientes, son los nutrientes que más impactan en la producción, calidad y vida de anaquel de la piña y que deben aportarse de manera oportuna y en suficiencia durante los diferentes ciclos del cultivo. Generalmente, al primero (plantilla) le corresponde el 100 % de la dosis total requerida; al segundo (soca), el 50 %; mientras que al tercero (resoca) sólo se le asigna un 35 % de la dosis inicial, porque se considera que muchos nutrimentos quedan acumulados del ciclo anterior, y las necesidades de nutrientes en cada ciclo se reducen, al igual que su rendimiento.

La información que a continuación se presenta, pone énfasis en las condiciones y necesidades nutricionales del cultivo, que prevalecen en las regiones Bajo Papaloapan y La Chontalpa, las más importantes de México.

Nitrógeno. El nitrógeno tiene un efecto directo sobre el crecimiento de la planta de piña, pues actúa sobre el ritmo de generación de hojas y su crecimiento. También juega un papel de suma importancia en el rendimiento del cultivo, ya que el número de “ojos” o “bayas” que constituyen el fruto múltiple de la piña está relacionado con el número de hojas producidas durante el último mes que precede a la iniciación floral; es en ese preciso momento donde un suministro adecuado de nitrógeno permite incrementar la generación de hojas y acelerar su velocidad de crecimiento (Lacoeuilhe, 1975), lo cual finalmente repercute en el tamaño del fruto. En general, los suelos de la región piñera del Bajo Papaloapan son por naturaleza pobres en su contenido de nitrógeno inorgánico, por lo que los cultivos responden favorablemente a la fertilización nitrogenada. Sin embargo, en suelos cultivados con piña durante muchos años, se ha observado un incremento en el contenido de este elemento, lo cual se atribuye a una acumulación temporal de nitrógeno nítrico en la capa arable, debido a altas dosis de fertilización nitrogenada utilizadas en ciclos anteriores en este cultivo. No obstante, por las altas tasas de lixiviación a las que se expone el nitrógeno en suelos de textura arenosa de climas tropicales, la

permanencia de los niveles observados de este nutrimento de un año para otro, no está garantizada, menos aún cuando las plantaciones se manejan a suelo desnudo, como se acostumbra con el sistema convencional hawaiano.

Los resultados del "Diagnóstico de la calidad de los suelos cultivados con piña en el sur del estado de Veracruz", hecho por Zetina et al. (2010), obtenidos de 164 análisis de suelo realizados en plantaciones piñeras del Bajo Papaloapan, demostraron que el 30 % de los suelos muestreados contienen valores de nitrógeno inorgánico superiores a 60 ppm, por lo que son clasificados agronómicamente como ricos; el 40 % con 35 a 60 ppm, considerados como medianos; y sólo un 30 % con valores considerados pobres, menores a 30 ppm. Esta acumulación temporal de nitrógeno inorgánico, en aproximadamente el 70 % de los sitios muestreados, indica que existe un proceso de acumulación temporal de este nutriente en la capa arable del suelo, lo cual podría estar ocasionado por aplicaciones excesivas de fertilizantes nitrogenados al cultivo. Esta situación pone en evidencia que gran parte de los fertilizantes aplicados (en las hojas basales de las plantas y de manera líquida y foliar) son arrastrados –por el agua de lluvia o del riego– al suelo, donde permanecen durante algún tiempo sin ser aprovechados por las plantas del cultivo de piña, contaminando mantos freáticos o cuerpos de agua superficiales. En la mayoría de los casos, esta fracción de nitrógeno disponible es poco aprovechada por el cultivo, pues frecuentemente su sistema radical se encuentra dañado a causa de la acidez edáfica, los nemátodos y otras plagas y enfermedades.

Un exceso de nitrógeno en las plantas de piña provoca un menor porcentaje de eficiencia en la inducción floral, un incremento en el porcentaje de frutos "abotellados", pedúnculos muy largos que acaman al fruto, reducción de la acidez y grados brix de la pulpa, así como la pérdida de consistencia y vida de anaquel del fruto. Además, un exceso de este elemento, ocasiona un aumento en la concentración de nitratos en los frutos, provocando inconvenientes para la industria procesadora, dado que estos compuestos destruyen de manera acelerada la capa de estaño que protege internamente a las latas metálicas, donde se envasan los diferentes productos de piña (rodajas enteras o fraccionadas, mermeladas, jugos, etc.), por lo que explotan unos meses después de su transformación, cuando deberían durar hasta tres años en bodega. En casos de exceso de nitratos en planta y fruto, la reducción de la extrema acidez de suelo antes de la siembra (encalando

con dolomita) y la aplicación de molibdeno a las plantas en desarrollo, vía foliar, reduce sustantivamente el problema.

En una situación totalmente contraria, cuando existen deficiencias de nitrógeno en estados intermedios del ciclo, las hojas más viejas de las plantas son de color amarillento y sus márgenes se tornan rojizos (esto, en Cayena Lisa); en estados avanzados, hay una pérdida completa del color verde y todas las hojas se tornan amarillas y angostas; el ritmo de crecimiento es muy lento y el fruto es pequeño y coloreado. El rendimiento se reduce mayormente cuando la deficiencia coincide o se acerca a la diferenciación floral.

Fósforo. Este nutriente juega un papel fundamental en la función metabólica del cultivo de la piña, pues participa en la constitución de los ácidos nucleicos y la transferencia de energía, actividades que alcanzan su mayor grado de importancia en la diferenciación de la inflorescencia y en la floración (Py, 1969 citado por Rebolledo, 2002). Si bien es un elemento esencial para el desarrollo de la planta, sus requerimientos son relativamente bajos: una hectárea de cultivo sólo extrae alrededor de 40 a 60 kg de este elemento (Rebolledo, 2002; Rebolledo et al, 2011). Si el sistema radical de la piña está sano y es eficiente, es capaz de extraer fósforo en suelos que tienen niveles muy bajos de este nutriente. Tal vez por estas razones es muy difícil observar en la planta síntomas de deficiencias de éste. Los síntomas sólo aparecen cuando en el suelo existe una concentración menor a 5 mg/kg de suelo (5 ppm). Un nivel igual o mayor a 20 mg de fósforo por kg de suelo, puede ser el adecuado para el buen desarrollo de esta especie (Swete, 1993).

Los niveles de fósforo aprovechable encontrados en suelos del Bajo Papaloapan, que han sido cultivados con piña durante muchos años, generalmente son muy altos, es decir, existe un evidente proceso de acumulación de este nutrimento en la capa arable (0 a 30 cm), a través de los varios ciclos de siembra. A diferencia del nitrógeno, potasio y magnesio, el fósforo difícilmente es removido del suelo por lixiviación, por lo que su tiempo de permanencia en la capa arable, aun en suelos arenosos, es mucho mayor que el de otros nutrimentos. Aun cuando es de baja movilidad en el suelo, puede ser notoriamente arrastrado fuera de las plantaciones a otros sitios del ecosistema, por las grandes escorrentías que se dan en los lotes de piña, a causa de la falta de prácticas que controlen la erosión y la

ocurrencia de fuertes lluvias, contaminando principalmente cuerpos de agua superficiales, provocándoles problemas de eutrofización.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el diagnóstico regional, el contenido de fósforo en suelos cultivados con piña en el sur de Veracruz, en cifras redondeadas, va de 1 mg/kg (o menos de 1.0 ppm) a 150 mg/kg (150 ppm). Los datos registraron un valor de 37 mg/kg (37 ppm) como valor de la mediana, mientras que la moda fue de 42 mg/kg. El valor promedio se estimó en 40 mg/kg (40 ppm) con una desviación estándar de 25 mg/kg. Considerando el límite crítico de 20 mg/kg o su equivalente de 20 ppm, establecido por Swete (1993), sólo el 5 % de los suelos muestreados registraron valores considerados como pobres y extremadamente pobres (es en donde está garantizada una respuesta positiva a la fertilización fosforada); otro 25 % de los suelos podrían mostrar "hambre oculta" si no son fertilizados adecuadamente con este elemento (lo cual significa que, si el suministro de fósforo por medio de la fertilización química es menor que la demanda del cultivo, las plantas de piña podrían desarrollarse con ciertas limitaciones que pueden no ser apreciadas visualmente por el productor o asesor técnico); y finalmente, el 70 % de los suelos registraron un valor mayor a 20 mg/kg, por lo que, se presume, tienen asegurado un suministro adecuado de fósforo para su desarrollo por varios ciclos, aun sin aplicaciones adicionales en ellos.

Zetina et al. (2005) encontraron coeficientes de correlación altamente significativos entre los años de cultivo y el pH de los suelos piñeros. Así, a medida que los suelos habían sido cultivados con piña durante más años, el pH del suelo disminuyó, mientras que el contenido de fósforo disponible (determinado por el método Bray-1) se incrementó. Por consiguiente, los suelos que presentaron los valores más bajos de fósforo fueron aquellos que no habían sido cultivados con piña o, bien, donde el cultivo de esta fruta era de reciente incorporación.

Py, & Teisson (1987) señalan que los síntomas de deficiencia de fósforo incluyen follaje oscuro, verde azulado, ápices desecados, empezando en las hojas más viejas. Las hojas viejas tienen puntas secas de color marrón rojizo y estrías transversales marrones, además los bordes de estas hojas se vuelven amarillos. Las plantas que sufren de deficiencia de fósforo también tienen hojas más erectas, largas y estrechas, así como raíces con pelos más largos, más coloreados y menos ramificados; la fruta es pequeña y de color rojizo. Tales síntomas raramente ocurren,

pero pueden aparecer más o menos temporalmente, especialmente en períodos de sequía o en suelos pobres (da Silva & Haroldo, 2007).

La deficiencia de este elemento se acentúa cuando hay aportaciones abundantes de nitrógeno, por la falta de humedad aprovechable que reduce su absorción, y también por la extrema acidez y presencia de altas cantidades de aluminio intercambiable en el suelo; un ejemplo de esta última condición se presenta en la región de La Chontalpa, en Tabasco, donde el fósforo no está totalmente disponible para las plantas. Una alternativa técnica y económicamente rentable, de probada eficiencia regional para reducir costos y aumentar la disponibilidad de este elemento para las plantas, es la inoculación de las raíces del cultivo de piña con micorrizas arbusculares (Rizofermic-UV®), ya que el uso de estos hongos contribuye a disminuir entre 25 y 50 % las cantidades de fertilizantes químicos aplicados durante el ciclo de cultivo, principalmente de fósforo, el cual es el nutriente más costoso por unidad aplicada y el de mayor escasez a nivel mundial.

Potasio. El potasio, al igual que el nitrógeno, son los elementos que la planta de piña consume en mayor cantidad durante todo su ciclo de vida (Swete, 1993). Desafortunadamente, la mayoría de los suelos del trópico mexicano que tienen textura arenosa, son pobres en potasio. Además, este nutrimento tiene una gran movilidad en el suelo, por lo que se lixivia fácilmente de la zona radical. La planta de piña (sobre todo, MD2, hasta en 25 % más que Cayena Lisa) tiende a consumirlo en cantidades muy altas, aun cuando sus necesidades han sido ya cubiertas, es decir, tiende a efectuar consumos “de lujo”, lo cual es indeseable por sus mayores costos.

La deficiencia de este nutrimento en la planta disminuye la actividad fotosintética en las hojas, provocando que la planta y el fruto reduzcan su crecimiento y, en consecuencia, la producción (Swete, 1993). Bajo estas condiciones nutrimentales, los frutos presentan una menor calidad debido a un contenido reducido de azúcares y niveles de ácidos, menor aroma, así como un color pálido en la pulpa, ocasionado por una deficiente producción de carotenoides (Py et al., 1987 citado por Malézieux & Bartholomew, 2003). Los frutos procedentes de plantas con deficiencia de potasio presentan un pedúnculo delgado (Py et al., 1987 citado por Malézieux & Bartholomew, 2003; Swete, 1993), así mismo una mayor sensibilidad al acamado (inclinación lateral de las plantas y frutos) y, por tanto, estarán más expuestos a un mayor daño por quemaduras ocasionadas por el sol

(Malézieux & Bartholomew, 2003). Adicionalmente, las plantas con deficiencias de potasio presentan hojas con pequeñas manchas amarillas, que aumentan de tamaño, se multiplican y se unen alrededor de los bordes de las hojas, las cuales se secan (da Silva & Haroldo, 2007). La aplicación excesiva de nitrógeno provoca mayor desequilibrio con este elemento y ocasiona el debilitamiento de las paredes del fruto y su agrietamiento. Excesos de calcio y magnesio también acentúan la deficiencia de potasio y, al igual que con nitrógeno, es fundamental nutrir bien a la planta con este elemento, principalmente antes de llegar al momento de la inducción floral. Las aplicaciones de potasio, que se efectúan antes de la inducción floral, resultan de mucha relevancia y beneficio para disminuir la presencia de la enfermedad conocida como ennegrecimiento interno (internal brown), la cual se presenta en los frutos que son transportados bajo refrigeración (Teisson, 1979 citado por Rebolledo et al., 2011) o de la "mancha café", que afecta a frutos que en sus etapas anteriores a su madurez sufrieron de cambios bruscos de temperatura y humedad, por lluvias ocasionales o riegos por aspersión durante la época más seca y caliente del año (Rebolledo et al., 2011). Estos problemas, al parecer, están muy relacionados con bajos contenidos de ácidos orgánicos, principalmente ácido ascórbico, el cual es un antioxidante natural.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el diagnóstico de los suelos piñeros de la región del Bajo Papaloapan, el valor más alto de este nutriente fue de 232 mg/kg de suelo y se encontró en las plantaciones comerciales de una finca especializada en fruta fresca de exportación, ubicada en el municipio de Isla, Veracruz. Los suelos con los contenidos más altos de potasio fueron los de textura arenosa y un contenido pobre de materia orgánica, ubicados en Las Luisas y la Colonia Domínguez, municipio de Juan Rodríguez Clara, Veracruz. Esta situación es propia de los suelos que han sido continuamente explotados con piña, mediante un sistema intensivo, que incluye el uso de mejoradores de suelo, altas densidades de plantación, riego y dosis elevadas de fertilizantes químicos suministrados por medio de fertilizaciones foliares o incluso de fertirriego. En tanto, los registros más bajos fueron reportados por el laboratorio como "elemento no detectado", es decir, que no se encontraron siquiera trazas de potasio en esos suelos. Estos valores nulos se registraron en plantaciones comerciales del municipio de Chacaltianguis, en el ejido de Dobladero del municipio de José Azueta y en Mata Limones, en el municipio de

Isla, Veracruz, en suelos que han sido poco utilizados para piña o en donde ésta se cultiva con tecnología tradicional y capital muy limitado, fertilizados casi exclusivamente con nitrógeno, por ser el nutriente más barato y de respuesta más rápida en las plantas. Desafortunadamente, en sólo el 3 % de las muestras de suelo analizadas para realizar el diagnóstico, se encontraron contenidos de potasio intercambiable iguales o mayores a 150 mg/kg de suelo (150 ppm), valor señalado por Malézieux y Bartholomew (2003) como el adecuado para el desarrollo del cultivo de la piña. En el restante 97 % de ellas, los contenidos de este elemento fueron menores a este nivel, ya que de las muestras totales (126) el 16 % presentó valores entre 149 y 60 mg/kg (149-60 ppm) de suelo; mientras que el 81 % presentó contenidos menores a 60 mg/kg de suelo, considerados como muy pobres. Por lo tanto, es en estos dos últimos grupos donde es segura la respuesta positiva a la fertilización potásica, la cual debe planearse detalladamente, seleccionado la dosis, fuente y épocas más oportunas de suministro, para evitar que la planta se vea afectada en su ritmo de crecimiento y producción.

En suelos muy compactados es también posible esperar una respuesta positiva a la aplicación de potasio, aun a niveles mayores a 300 mg/kg, debido al limitado desarrollo que presenta el sistema radical del cultivo y a la baja difusión del potasio bajo estas condiciones (Castellanos, Uvalle, & Aguilar, 2000).

Calcio. Este nutriente además de ser indispensable para el desarrollo, producción y la calidad del fruto de piña, tiene una función importante en el comportamiento químico del suelo, ya que el pH está directa y positivamente relacionado con el contenido de Ca en el complejo de intercambio del suelo, es decir, a medida que se incrementa la presencia de calcio intercambiable, el pH del suelo también aumenta (Navarro & Navarro, 2003). En piña, los suelos con un pH superior a 5.5 implican mayores riesgos de pudriciones de cogollo y raíz, ya que se favorece la presencia y severidad de enfermedades causadas por hongos del género *Phytophthora* (Malézieux & Bartholomew, 2003), por lo que deben encalarse con moderación y con una dosis adecuada según acidez inicial. Al igual que la materia orgánica, el calcio juega un papel importante en la estabilidad estructural del suelo (Castellanos et al., 2000). En la planta, el calcio forma la parte medular de las membranas celulares, por lo que contribuye a evitar el rompimiento de las paredes celulares y con ello los agrietamientos que se producen especialmente en

los frutos (Swete, 1993) por donde entran microorganismos fitopatógenos como los que producen la mancha negra de la fruta (Py et al., 1984 citado por Rebolledo, 2002). La piña es un cultivo que demanda bajo requerimiento de calcio para su desarrollo (10 % de lo requerido por otros); una concentración de al menos 100 mg/kg de suelo (100 ppm) normalmente es suficiente para que la planta tenga una aceptable nutrición cálcica, aunque en suelos arenosos, como los regionales, valores de 1,000 a 1,500 ppm son más deseables para garantizar un mejor abasto de calcio al cultivo durante el ciclo, así como menores cantidades de aluminio y manganeso solubles, y con ello favorecer la actividad microbiana benéfica del suelo.

El calcio es un elemento que tiene muy poca movilidad en el suelo, en muchos casos la planta puede presentar deficiencias de calcio cuando su sistema radical está muy dañado por la acidez o plagas del suelo, por un desbalance iónico Ca-Mg-K, o cuando su presencia en el complejo de intercambio es limitada debido a una baja saturación de bases. Además, bajo condiciones de estrés hídrico y altas temperaturas, sus niveles de absorción y translocación dentro de la planta se reducen considerablemente, debido a que, mientras que la planta no transpire, el calcio no se mueve a las partes terminales de mayor crecimiento y demanda del nutriente (meristemáticas y las del fruto en desarrollo), aunque en el suelo, tallo y hojas de las plantas exista en suficiencia. En caso de usar la malla-sombra plástica, ésta brinda a las plantas mejores microambientes térmicos y, con ello, mayores tiempos de actividad fisiológica, por lo que el flujo de calcio a estas partes en crecimiento, es más constante y seguro.

Algunos de los síntomas visuales por deficiencia de este nutriente se manifiestan principalmente en los puntos de crecimiento más activos, como en el meristemo apical y demás laterales, ya que es ahí donde la demanda de calcio y boro es mayor, sobre todo al momento de la diferenciación floral y desarrollo del fruto. Otros síntomas son: un pobre crecimiento de la planta; sistema radical muy engrosado, que hace difícil el poder arrancar la planta del suelo; hojas en menor número, en posición inclinada y con coloraciones verde-grisáceas de aspecto “sucio” o apagado, en lugar de las clásicas verde-amarillas o verdes “limpias” o encendidas; superficies endurecidas y de grosor irregular, con bordes aserrados, ondulados y desgarrados (Swete, 1993); coronas múltiples, una sola corona pero con múltiples brotes secundarios en su centro por destrucción del meristemo apical,

o incluso la ausencia de ella; frutos con graves deformaciones en sus paredes, fasciados, siameses o hasta en número de cuatro o más, unidos todos a un sólo pedúnculo. Estos daños inician con el rompimiento de la pared celular, cuando a las células meristemáticas les falta el calcio suficiente y éstas quedan débiles, así las paredes de las células vecinas también se dañan e inician su degradación al vaciar lentamente su contenido. Por ello, muchos de los órganos así formados, muestran partes incompletas o malformadas. En casos extremos, los puntos de crecimiento principal o meristemos apicales mueren, por lo que se activan los secundarios, lo cual puede alterar el ciclo normal de desarrollo de la planta. Malézieux y Bartholomew (2003) mencionan que sólo es posible observar estos síntomas cuando el suelo contiene menos de 25 ppm, aunque también es frecuente que ocurran cuando el suelo, a pesar de tener suficiente calcio disponible, las plantas no lo pueden aprovechar por problemas en su sistema radical subterráneo o por la incidencia de altas temperaturas ambientales que provocan la suspensión del proceso de transpiración y, con ello, el de suministro de calcio a los meristemos activos, por falta de flujo de agua, ya que este es el único medio por el que se transporta este nutriente de las raíces a los órganos del extremo superior de la planta. De acuerdo con Py et al. (1984), una hectárea de piña puede extraer desde 80 hasta 215 kg de CaO, de los cuales sólo consume un 25 % durante los primeros ocho meses (Rebolledo, 2002), pues la etapa en la que más se requiere este nutrimento es en la inducción floral (Malézieux & Bartholomew, 2003).

El contenido de calcio intercambiable en las 183 muestras tomadas para este elemento en el diagnóstico regional del Bajo Papaloapan, varió de 0.0 mg/kg (en piñales de los ejidos Nopalapan, Ignacio Ramírez, Garza Blanca y Palma de Oro, entre otros), a 1,750 mg/kg de calcio (en una plantación del Ejido Casa Viejas). El valor promedio fue de 108 mg/kg (108 ppm), con una desviación estándar de 250. La mediana fue de 17 mg/kg, mientras que el valor más común o moda fue de “trazas” (n=15). El 75 % de los suelos muestreados presentaron valores de calcio intercambiable deficitarios, ya que son menores a 100 mg/kg, considerado por Malézieux y Bartholomew (2003) como el límite por arriba del cual la planta de piña se desarrolla sin restricciones de calcio. Esto significa que sólo el 25 % de los sitios tuvieron un contenido satisfactorio de este nutriente, mayor al límite crítico citado. En este grupo de suelos se encontraron terrenos donde el encalado es una práctica

común en el manejo del cultivo, o bien, eran terrenos recientemente incorporados al cultivo de piña, todavía no dañados por esta actividad. La pobreza nutrimental que presenta el 50 % de los suelos piñeros del sur de Veracruz y norte de Oaxaca coincide con valores de pH extremadamente ácidos y bajos contenidos de magnesio y potasio intercambiable. Al igual que con los nutrientes anteriormente analizados, los casos más graves se observan en terrenos de textura arenosa, pobres en materia orgánica y principalmente en aquellos donde se ha cultivado piña por muchos años. Los predios ubicados dentro de áreas delimitadas como muy pobres en este elemento y que, por naturaleza así lo han sido siempre, pero que resultaron con un nivel adecuado u óptimo de calcio en el muestreo, seguramente habían sido recientemente encalados, aunque existe también la posibilidad de que se trate de lotes que no habían sido ocupados para la producción comercial de piña.

Para lograr un suministro satisfactorio de calcio al cultivo, lo mejor es aplicar dolomita al suelo antes de la siembra, de acuerdo al pH que presente el mismo. Sin embargo, cuando las plantas no pueden aprovecharlo en la forma antes mencionada, las aplicaciones foliares de nitrato de calcio o de óxido de calcio, de rápida penetración, dirigidas al sistema radical aéreo de la planta, aunque más costosas, pueden ayudar a prevenir y reducir estos daños, aunque esto no está del todo demostrado, ya que existen evidencias de que el calcio no presenta un movimiento descendente dentro de la planta. De lo que sí se tiene evidencia, es que el uso combinado del acolchado plástico total y de la malla-sombra (ambiente protegido), contribuye a que el calcio disponible en el suelo sea mejor aprovechado por las plantas y efectivamente enviado a sus puntos de crecimiento activo (meristemos apicales) de manera más constante y oportuna. Esto se debe al mejor microambiente generado (mayor disponibilidad de humedad por el acolchado y, por ello, mayor dilución del calcio en la solución del suelo; además, temperatura entre 3 y 8 °C menor que a cielo abierto, por efecto de la malla-sombra), donde el proceso de evapotranspiración no se interrumpe por exceso de calor ambiental, y el calcio sigue fluyendo del suelo y órganos de reserva a los puntos de multiplicación celular y de crecimiento.

Magnesio. En los suelos de la región Bajo Papaloapan este nutrimento, junto con el calcio y el potasio, forman el grupo de bases intercambiables que tienen la mayor importancia en el complejo de intercambio del suelo. Al igual que el potasio,

el magnesio tiene mucha movilidad en el suelo, por lo que puede ser lixiviado fácilmente, lejos del alcance de las raíces de las plantas de piña. Forma la parte medular de la molécula de clorofila, sustancia que da color verde a las plantas (Swete, 1993), por lo que una deficiencia podría reducir la concentración de clorofila en la planta, la fotosíntesis y la asimilación de CO_2. Cuando hay deficiencias de magnesio, la planta muestra un porte normal; sin embargo, sus hojas presentan una clorosis ligera, principalmente las más expuestas a la insolación y, en consecuencia, pueden desarrollar un tallo corto y delgado, un sistema radical poco vigoroso y frutos con un nivel bajo de acidez, azúcar y aroma (IRFA, 1984 citado por Rebolledo, 2002). Su carencia es más notable en la etapa de floración del cultivo, donde las hojas pueden adquirir un color amarillo y conservarlo de esta manera durante el desarrollo del fruto.

El exceso de radiación solar provoca una deficiencia inducida (que ocurre, aun cuando la planta tiene suficiente contenido y disponibilidad de este elemento), la cual se manifiesta todo el año, pero principalmente en los meses de marzo a julio, cuando los valores de radiación y temperatura son mayores. Bajo estas condiciones, la clorofila de las hojas se desnaturaliza (destruye) por el impacto de los rayos ultravioleta tipo B, por lo que sus diferentes componentes son canalizados a otras partes de la planta, quedando de color amarillo las áreas expuestas y con evidentes puntos de tejido seco que, cuando se juntan, hacen colapsar esa parte de la hoja, inutilizándola en sus funciones. Su ritmo de aparición es mayor después de la diferenciación floral; sólo permanecen verdes las áreas que entre las mismas hojas se sombrean, aunque ahí la actividad fotosintética tampoco es totalmente eficiente. Éstas exhiben manchas de color amarillo que evolucionan a color café y se diseminan en toda la hoja, pudiendo acentuarse en los bordes de las mismas. La única protección física que ha demostrado que reduce la cantidad de radiación que incide sobre plantas, frutos y vástagos de piña, y que ha resultado la más práctica y efectiva, es la colocación de malla-sombra plástica color negro con un porcentaje de sombreado del 50 al 60 %, la cual permite proteger de manera constante y segura al cultivo y la humedad del suelo y del ambiente. Cuando no se cuente con este recurso técnico (por su costo o riesgo de robo), quizás las aplicaciones sobre las hojas y frutos de piña, de polvos elaborados a base de caolinita (Surround®) o carbonato de calcio, ayuden a reflejar parte de la radiación y evitar esos daños por quemaduras de

sol, método que deberá evaluarse para demostrar su efectividad en todas o sólo determinadas épocas del año.

Según Swete (1993), un contenido de 50 mg de magnesio intercambiable por kg de suelo (50 ppm), al momento de la plantación, puede ser suficiente para el buen desarrollo del cultivo de la piña. Este mismo autor indica que los síntomas visuales de una mala nutrición magnésica en la planta ocurren cuando el suelo tiene menos de 10 mg/kg de suelo (10 ppm). Los resultados de laboratorio de las 183 muestras de suelo del diagnóstico, indican que 70 % de los suelos muestreados registraron valores de magnesio intercambiable con valores menores al límite crítico (50 mg/kg de suelo o 50 ppm) establecido por Swete (1993), y sólo el 30 % lo superaron. El valor más bajo reportado en laboratorio como trazas, se encontró en los ejidos de Isla, Garro y Mata Limones, mientras que el más alto fue de 601 mg/kg de suelo, en el rancho Vaquero. El valor promedio de la serie (n=183) fue de 54 mg/kg, mientras que valor más frecuente (moda) fue 6 (n=10) y la mediana estimada fue igual a 20 mg/kg de suelo. En los suelos con un contenido de magnesio menor a 50 mg/kg (50 ppm), especialmente los que tienen menos de 10 mg/kg, se recomienda la aplicación obligatoria de dolomita para restituir al suelo parte del magnesio que ha perdido por lixiviación y por la extracción del cultivo. En terrenos que por algún motivo no fueron encalados y que actualmente se están cultivando con piña, las plantas deben recibir una aportación suplementaria de magnesio para evitar que se vea limitado su desarrollo por la carencia de este nutriente. De acuerdo con Rebolledo et al. (1998), la aplicación vía foliar equivalente a 2 y 4 g de magnesio (MgO) por planta, puede ser suficiente para cubrir la demanda del cultivo en estos suelos (Cuadro 19). Las condiciones de sequía incrementan la deficiencia de este elemento porque disminuye su disponibilidad en el suelo y la tasa de absorción, lo cual puede ser resuelto con el uso del acolchado plástico total y malla-sombra plástica, con un manejo en ambiente protegido.

Micronutrimentos. Debido a la extrema condición ácida de los suelos cultivados con piña en la región del Bajo Papaloapan y a las malas condiciones que tiene el sistema radical subterráneo en la mayoría de las plantaciones, los micronutrimentos (hierro, cobre, zinc, manganeso, boro y molibdeno) no se encuentran del todo disponibles ni en las cantidades ni con la oportunidad suficiente para lograr el desarrollo normal del cultivo. Por estas mismas restricciones, las aplicaciones

preventivas o correctivas de estos nutrientes deben realizarse preferentemente vía foliar, no al suelo, ya que éstos quedarían otra vez indispuestos para ser aprovechados por las plantas. Es deseable que se monitoree el contenido de estos nutrientes, apoyándose en análisis foliares a los tres y seis meses de la siembra y antes del Tratamiento de Inducción Floral, para la detección y corrección de posibles deficiencias o excesos, principalmente durante el curso del ciclo vegetativo (Rebolledo et al., 2011).

Fierro y manganeso. El fierro es prácticamente inmóvil en la planta, por lo que los síntomas por su deficiencia se observan primero en las hojas más jóvenes de las plantas. Generalmente, en los suelos de pH elevado y textura arcillosa, o incluso en los suelos en extremo ácidos y arenosos, como los regionales, donde el contenido de manganeso soluble es elevado, la planta de piña puede manifestar una mala nutrición de fierro, y verse afectado el desarrollo vegetativo y la producción de la fruta. Tal es el caso de los suelos piñeros de Costa Rica, donde para resolver ese problema realizan varias aplicaciones foliares de sulfato ferroso, distribuidas a lo largo del ciclo de cultivo y que ya forman parte de su paquete tecnológico. Condiciones extremas de deficiencia de fierro sólo ocurren en suelos con graves problemas de alcalinidad, donde las hojas de las plantas adquieren un color amarillo-pálido o blanco-crema, con una coloración rojiza en sus extremos (en Cayena Lisa), son más bien rígidas y con las puntas secas de manera descendente. Los frutos son pequeños, duros y rojizos, con grietas entre los ojillos que los conforman y coronas también de color amarillo claro a blanco-crema. Cuando la deficiencia de hierro en condiciones de menor alcalinidad es de leve a moderada, sólo aparece una clorosis intervenal en las hojas jóvenes, en donde, mientras las nervaduras que atraviesan las hojas de forma paralela permanecen verdes, el resto adquiere un color verde amarillento o completamente amarillo, según su severidad.

De acuerdo al resultado de los muestreos de suelos cultivados con piña en el Bajo Papaloapan, los niveles del micronutriente fierro fueron óptimos en el 30 % de los casos (10 a 50 ppm) y no deben ser considerados como un factor general limitante para el desarrollo de este cultivo; el 65 % presentó valores altos (>50 ppm), mientras que el porcentaje restante (5 %) presentó valores de 6 a 10 ppm, considerados bajos, por lo que en este caso se debe tener el cuidado de suministrar por vía foliar este nutrimento a fin de evitar una deficiente nutrición con este micro-

elemento. Los valores más bajos fueron encontrados en las comunidades de Palma de Coco, Mata Limones, Garza Blanca y Nuevo Cantón, en el municipio de Isla; mientras que los más altos en La Angostura, municipio de Rodríguez Clara, Veracruz. Un contenido de Fe en suelo de 10 a 50 ppm (Molina, 2012), antes de la siembra, puede considerarse como adecuado para que una plantación de piña tenga suficiente abasto de este nutriente; sin embargo, hay condiciones en las cuales, aun cuando hay aparente disponibilidad, las plantas sufren por la baja disponibilidad de este nutriente debido a otras interacciones químicas en el suelo (sobreencalado, humedad excesiva y con ello, mayor presencia de manganeso). De ser necesario, donde se presenta, deberán tomarse todas las medidas preventivas y correctivas para solucionar el problema.

En suelos ácidos regionales, con altos niveles de humedad durante la estación de lluvias, el nivel de manganeso soluble se incrementa a niveles tan altos que pueden limitar la disponibilidad de Fe para las plantas de piña. Esta condición ocurre principalmente en plantaciones ubicadas en áreas aledañas a lagunas, lagunetas y en las declaradas como “partes bajas”; no obstante, también se presenta en áreas muy puntuales de lotes ubicados en “partes altas”, donde por no tener buen drenaje superficial e interno del suelo, se inundan o saturan de humedad durante la época de lluvias y “nortes”, liberando manganeso en exceso y provocando esa deficiencia inducida de fierro en las hojas del cultivo.

En estas áreas con incidencia de altos niveles temporales de manganeso soluble en la solución del suelo, es común que después de prolongados períodos de exceso de humedad (por lluvias o riegos pesados), seguidos de otros de relativa baja o normal ocurrencia de humedad, se presente el síntoma denominado “hoja atigrada” en las hojas jóvenes aún en desarrollo (no en las maduras) de las plantas de piña, como consecuencia de períodos intercalados de deficiencia-suficiencia de Fe en la planta, totalmente congruentes con los de exceso-normalidad del manganeso en la solución del suelo. Bajo esta condición, las hojas todavía jóvenes adquieren una tonalidad general más bien pálida, debida a la inclusión alternada de franjas transversales color verde obscuro (suficiencia de Fe), con otras de color verde claro (deficiencia de Fe), cuyo grosor coincide claramente con los períodos de alternancia de menor y mayor disponibilidad de humedad (y exceso de manganeso soluble), mencionados.

Los sitios con problemas, aunque no predominan, están presentes en toda la región, muchos dispersos y otros ubicados en zonas más concentradas, donde el manto freático es muy superficial, como lo es alrededor de la finca “Las Carmelitas”, la localidad “La Guadalupe” y el poblado de “Nuevo Cantón” en el municipio de Isla, con valores de manganeso de hasta 188 mg/kg de suelo. En contraste, en los puntos o predios específicos muestreados de los ejidos Sabaneta e Isla, se encontraron valores muy bajos o nulos de este nutriente, de hasta 0.00 mg/kg de suelo. El valor promedio de Mn fue de 10 mg/kg de suelo, con una desviación estándar de 18 y una mediana de 6. El valor más frecuente de la serie fue 0.0 (n=17). En general, aproximadamente el 80 % de los sitios muestreados registró contenidos altos de este nutriente (> 1.0 mg/kg de suelo), con sólo dos áreas de riesgo en los que se podría presentar una baja disponibilidad del mismo.

En suelos con un bajo contenido de fierro, se recomienda hacer hasta cuatro aplicaciones foliares distribuidas durante el período vegetativo, antes del TIF, de 5.0 kilogramos de sulfato de fierro por hectárea, en promedio, cada una, son la mejor alternativa para solucionar dichas deficiencias.

Zinc. La naturaleza ácida de los suelos, en lo general, permite que exista una buena disponibilidad de Zn para las plantas de piña, ya que su deficiencia sólo puede presentarse en lotes con un pH mayor a 6.0, o bien, con contenidos muy pobres de materia orgánica o muy elevados de fósforo (lo cual es frecuente en la región piñera del Bajo Papaloapan). Esta situación en la región del Bajo Papaloapan, puede presentarse en terrenos que además de presentar bajos contenidos de MO (la mayoría), han sido sobreencalados. También ocurre cuando la cal dolomítica es aplicada sobre la superficie del terreno, antes de la siembra de los vástagos de piña y no se mezcla adecuadamente con el suelo, sobresaturando de calcio y magnesio la primera capa del sustrato.

Algo similar pasa con el fósforo, ya que en suelos donde este nutriente está acumulado en demasía (>60 ppm) o donde se aplica de manera muy concentrada (mateado o en bandas angostas) y no se distribuye adecuadamente, las deficiencias de Zn son comunes, aunque éstas no siempre se manifiesten de manera clara. Esto ocurre en aquellas fincas piñeras donde no se acostumbra incorporar el material encalante al suelo y se deja en la superficie, muchas veces por la premura del proceso de preparación del suelo, o simplemente por

considerarlo como un ahorro en mano de obra y combustibles para el productor o las empresas, lo cual es un grave error en el manejo del cultivo, por sus costosas consecuencias sobre el rendimiento y calidad de la fruta cosechada. Cuando hay deficiencias severas de Zn en plantas jóvenes de piña, su cogollo presenta una coloración verde claro y una deformación o curvatura conocida como "cuello torcido"; en plantas maduras, incluso ya con fruto en desarrollo, primero aparecen pequeñas manchas color blanco-amarillo que van multiplicándose y creciendo, hasta que se juntan entre ellas y el tejido se torna café claro y luego obscuro, hasta que muere, afectando gran parte de la hoja con síntomas. A medida que avanza la deficiencia, mayor es el número de hojas con síntomas y sus daños.

Los valores de Zn encontrados en suelo, según el estudio regional, variaron de 0.5 a 19 ppm, encontrados en terrenos del ejido Ignacio Ramírez y la comunidad Las Luisas, respectivamente. El valor promedio fue de 3.14 ppm, con una desviación estándar de 3.3. Sólo el 23 % de las 158 muestras analizadas mostraron valores menores a 1.0 ppm, mismas que procedieron de los ejidos Isla, Sabaneta, Garza Blanca, Garro y Mata Limones. Únicamente los contenidos de zinc menores de 5 ppm, encontrados en algunos de estos suelos, podrían justificar la aplicación obligada de este nutriente por vía foliar, sin embargo, debe tenerse en cuenta que las deficiencias también pueden presentarse en suelos con aceptables contenidos de este nutriente, cuando las aportaciones de Ca, Mg y P se manejan inadecuadamente. Las deficiencias se previenen o corrigen cuando se detectan los primeros síntomas, aplicando vía foliar sulfato de zinc, a razón de 1.0 kg/ha (1 gramo por litro de agua), asperjando alrededor de 20 a 30 mililitros de la solución, solamente sobre el follaje de cada planta, procurando no escurra al suelo, ya que ahí el Zn se inactivará. De ser necesario, se debe repetir la aplicación dos meses después, según remisión de síntomas. El sulfato de zinc es incompatible con el fosfato diamónico (18-46-00), bórax y nitrato de calcio.

Boro. Participa en la fotosíntesis, metabolismo de ácidos nucleicos, biosíntesis de carbohidratos, síntesis de sacarosa, transporte de azúcares, en el metabolismo proteico, síntesis y estabilidad de las paredes y membranas celulares, entre otras funciones. Cuando existe una deficiencia de este elemento en la etapa vegetativa, las hojas presentan coloraciones amarillas o anaranjadas, tendiendo a cafés, con la muerte de sus ápices en las más jóvenes, algunas veces con márgenes aserrados

por fallas en la formación de tejido foliar. Los síntomas de deficiencia de boro son muy parecidos a los de calcio. En condiciones extremas, el meristemo apical muere y las hojas que quedan son rígidas y cortas. Al morir el ápice, las yemas laterales se activan, emergiendo varios pequeños vástagos al centro de la planta afectada. Lo anterior es la causa del aumento del número de frutos con corona múltiple. A diferencia del aspecto polvoso, blancuzco y sin brillo que tienen normalmente los frutillos en inflorescencias inmaduras, cuando falta Boro en la planta, los frutillos se ven lustrosos y verdes, debido a la ausencia de los característicos tricomas que los protegen de la excesiva radiación solar. Lo más característico es que los frutos alcancen un desarrollo pequeño, y que entre sus frutillos (ojos), que adquieren un inusual aspecto de pequeñas esferas, se presenten pequeñas grietas o fisuras que son evidencia de la deficiente formación de las paredes celulares, ocasionada por la deficiencia del elemento, grietas que finalmente darán lugar a las clásicas corchosidades presentes entre los "ojos" del fruto, manifestación macroscópica del daño generado a nivel celular.

Pedúnculos cuarteados, frutos pequeños, acorchados, rajados o incluso en parte huecos, con coronas ausentes o bien múltiples, son resultado de la deficiencia de boro en las plantas. La deficiencia de este elemento se previene, preferentemente en la etapa vegetativa temprana y media, al igual que todos los microelementos, cuando la plantación no tenga más allá de seis a ocho meses de plantada, al menos dos meses antes de la diferenciación floral, para no comprometer al fruto. Los suministros se realizan mediante la aplicación foliar de bórax, a razón de 1 gramo por litro de agua (1 a 2 kg/ha), correspondiéndole de 20 a 30 mililitros de la solución por planta si se utilizan entre 1,000 a 1,500 litros de agua/ha.

Molibdeno. Este nutriente, erróneamente considerado poco importante, conforma la parte fundamental de la molécula de la enzima denominada nitrato-reductasa, la más importante catalizadora para lograr la reducción (asimilación, en este caso) de los nitratos absorbidos por los cultivos. Es particularmente importante en el cultivo de piña, ya que los excesos de nitratos no asimilados durante el ciclo de producción, finalmente se acumulan en el fruto, lo cual es grave, sobre todo para la agroindustria procesadora que ocupa latas metálicas revestidas con estaño para envasar y comercializar la piña en conserva y otras presentaciones similares. Estos nitratos, contenidos en exceso en la pulpa y jugo de las piñas, destruyen rápidamente esta capa de estaño; en consecuencia, la lata y el producto se echan

a perder en tan sólo dos o tres meses, en lugar de tener una vida de anaquel de dos o tres años y así poder resguardarlos en bodega y comercializarlos con más holgura.

El límite internacional de contenido de nitratos en fruto en fresco, para proveer a la industria procesadora, es de 12 ppm como máximo, siendo que las piñas cosechadas en el Bajo Papaloapan presentan valores encontrados de hasta 225 ppm. Plantas y frutos con carencia de Mo presentan acumulación de nitratos, mientras que sus contenidos de aminoácidos, ácido glutámico y glutamina son bajos. No se han identificado síntomas visuales de deficiencias ni de sus efectos en el desarrollo. Desafortunadamente, no se cuenta con información acerca de los contenidos de este micronutriente en suelo y planta en la región piñera del Bajo Papaloapan y de La Chontalpa, en Tabasco. Sin embargo, la excesiva acidez hace que el Mo no esté disponible en las cantidades suficientes para satisfacer la demanda de la planta para elaborar la enzima nitrato-reductasa. Los altos niveles de Fe y Al, también reducen su absorción.

El Mo es el único micronutriente que aumenta su solubilidad con el aumento del pH del suelo, por lo que el encalado dolomítico seguramente mejora su disponibilidad para el cultivo, especialmente en piña. Este microelemento se debe aplicar vía foliar, especialmente en la fase vegetativa del ciclo del cultivo, para asegurar su abasto antes de que inicie la formación y desarrollo del fruto. La fuente más utilizada es el Molibdato (NH^{+4}), a razón de 0.5–1.0 kg/ha, diluido en al menos 1,000 a 1,500 litros de agua, sin que la solución llegue al suelo, ya que ahí se inactiva.

Por la importancia que tienen los abonos verdes (*Crotalaria juncea*) en el cultivo de piña, es necesario mencionar que el Mo también forma parte de la enzima nitrogenada, la cual influye en el proceso de fijación del N atmosférico, por lo que se debe considerar su abasto suficiente para mejorar la velocidad de fijación y el rendimiento de N capturado mediante la simbiosis de esta leguminosa con la bacteria *Rhizobium*.

Silicio. En piña, los efectos benéficos del silicio no han sido demostrados de manera fehaciente, ya que Bartholomew (2015) resalta la total falta de datos recientes sobre los beneficios reales –si los hay– de este elemento en el cultivo, y ofrece las siguientes precisiones: i) existen menos de diez artículos publicados entre 1896 y 1949 que contienen información sobre silicio (Si) en piña, en los cuales no se encontraron evidencias de sus posibles efectos benéficos sobre su crecimiento y producción; ii) en un experimento, sobre efectos del silicio sobre el crecimiento de

piña Cayena Lisa, hecho en macetas, en Hawái (Thiagalingam, 1971; Thiagalingam et al., 1977, citados por Bartholomew, 2015), se reportó un incremento significativo en el crecimiento de las plantas en un suelo tipo Kapaa (*Oxisol, suelo tropical formados a partir de sedimentos previamente meteorizados, muy ácidos y con poca o nula capacidad de suplir nutrimentos a las plantas), pero no en suelo tipo Paaloa (*Ultisol, suelos tropicales, menos intemperizados que los Oxisoles y con una mayor capacidad de suministro de nutrimentos que ellos; similares a los que predominan en la región piñera del Bajo Papaloapan), donde incluso esta diferencia no se monitoreó hasta rendimiento y calidad del fruto; iii) se informa que el sílice es, sobre todo, un elemento de defensa (Epstein, 2009 citado por Bartholomew, 2015), que se reporta útil para proteger a las plantas contra enfermedades, depredadores y tensiones (*acame, quebraduras de tejidos, etc.), pero dado que la piña es muy tolerante a altos niveles de aluminio soluble (Al) y manganeso (Mn), y altamente resistente a la sequía, es probable que la detección de los beneficios específicos del silicio en la piña, sería difícil, y iv) es poco probable que la piña se beneficie de aplicaciones adicionales de silicio cuando se cultiva en suelos que contienen cantidades adecuadas y solubles de este elemento, como son los suelos arenosos. Es precisamente este tipo de suelos el que predomina en la región piñera del Bajo Papaloapan. Desafortunadamente, los estudios de suelo en las principales regiones piñeras de México no reportan los contenidos disponibles de silicio (Si) en ellos, por lo que se deben hacer estudios para tener mayor base científica al respecto.

Como experto en fisiología y nutrición, Bartholomew (2015) sugiere que para ayudar a los productores y técnicos piñeros, es necesario: i) determinar, mediante investigación científica, los beneficios, justificados económicamente, de la aplicación adicional de silicio en las plantaciones comerciales; ii) generar datos sobre la disponibilidad de este elemento en los suelos locales en los que se cultiva la piña y confirmar si los niveles de silicio contenidos en la hoja “D”, reportados como críticos por Thiagalingam (1971), son válidos; iii) evaluar al silicato de calcio, ya que es un excelente, aunque probablemente caro, material de encalado (por el efecto del calcio adicional), y el silicato de potasio, pues además de proporcionar el elemento esencial (sílice), también aportan calcio o potasio, según sea el caso; iv) en los experimentos que tengan la finalidad de evaluar los efectos del silicio en la planta, este elemento no debe estar mezclado con otros, ya que una respuesta positiva en alguna de las variables de rendimiento o calidad en piña, puede deberse al efecto positivo de otro u otros elementos aplicados, y no necesariamente al silicio aportado.

7.6.2 Consideraciones sobre fertilización en piña de acuerdo a la densidad de siembra

Rebolledo et al. (2011) indican que la densidad de plantación es un factor fundamental que debe ser considerado en el programa de fertilización, pues a medida que se incrementa la densidad de plantación, las necesidades de nutrimentos por planta, independientemente de la fertilidad natural del suelo, disminuyen, dado que su crecimiento y producción se reducen de forma progresiva conforme aumenta la competencia por espacio, agua y luz. Así también, el aprovechamiento de los fertilizantes aplicados se incrementa, al haber más raíces por unidad de superficie y cubrir más rápidamente los espacios vacíos entre ellas, desde etapas más tempranas del ciclo del cultivo. Para explicar este comportamiento se debe asumir que el aprovechamiento de los fertilizantes aplicados (ya sea en forma sólida, líquida o foliar) se incrementa al haber una mayor densidad de raíces por unidad de volumen, mismas que capturan de manera eficiente los nutrientes aplicados en las plantaciones. Lo mismo ocurre cuando se fertiliza en forma líquida o foliar, ya que el espacio libre entre el follaje de las plantas también se reduce, por lo que las pérdidas son menores y es mayor el aprovechamiento de lo aplicado. Aun cuando a mayor densidad de plantación se tiene un menor requerimiento de nutrientes por planta, el consumo total de ellos y la cantidad de fertilizantes adicionales a aplicar por hectárea aumenta, debido al incremento de plantas por unidad de superficie, este incremento no se da de manera proporcional con relación a las bajas densidades.

Por la manera en que la planta de piña se nutre, para lograr su cultivo comercial rentable; el contenido nutrimental o fertilidad natural del suelo no es tan importante como se piensa. De hecho, son el drenaje (asociado a textura y pendiente) y el pH, los factores más importantes a considerar para seleccionar los mejores terrenos y lotes a sembrar con este frutal. De este modo, el cultivo tiene preferencia por suelos de texturas ligeras y ácidos, los cuales tienen generalmente muy buen drenaje interno, pero de mediana a muy poca fertilidad natural, condición que puede corregirse con la oportuna y adecuada aplicación de enmiendas y fertilizantes durante el ciclo de desarrollo del cultivo, y con ello lograr excelentes cosechas. En contraparte, los suelos naturalmente ricos, que son por lo general arcillosos y muy pesados, tienen un drenaje interno muy deficiente y un pH generalmente “alto” (6 en adelante), contrario a las preferencias del cultivo.

Los suelos que contienen arcilla en alto o considerable porcentaje, durante períodos de alta humedad se saturan, expanden y pierden oxigenación por períodos largos por lo que las raíces de la piña se asfixian, mientras que, durante períodos de falta de humedad estos suelos retienen la poca agua disponible, se contraen fuertemente y fracturan, dañando a las raíces. En el caso de suelos de textura arenosa, el exceso y el déficit de humedad no causan en la misma magnitud los problemas anteriores, las raíces y plantas de piña resultan menos perjudicadas, salvo bajo inundaciones prolongadas atípicas. Desafortunadamente, los suelos con textura ligera o media presentan alta susceptibilidad a la erosión, más aún cuando los terrenos tienen pendientes mayores a 2 %.

a) Nivel de fertilización

De acuerdo a las densidades de plantación establecidas en campo, Rebolledo et al. (2011) proponen diferentes dosis de nutrientes por planta para un primer ciclo de cultivo (plantilla) (Cuadro 19). Las dosis mencionadas deben aplicarse preferentemente antes de que la planta inicie su floración, distribuidas en cuatro o cinco aplicaciones sólidas, equivalente a 12 o 15 aplicaciones líquidas, o combinando tres aplicaciones sólidas y ocho líquidas, o las que considere el productor/técnico, según el sistema de aplicación utilizado.

Cuadro 19.

Dosis de N, P, K y Mg por planta/ciclo de plantilla, según densidad de plantación utilizada en piña Cayena Lisa y MD2* en la región Bajo Papaloapan

Densidad de plantación (plantas/ha)	Dosis de elementos nutritivos para un ciclo de plantilla (g/planta)			
	Nitrógeno	Fósforo (P_2O_5)	Potasio* (K_2O)	Magnesio (MgO)
30,000	18	6	18	4
40,000	16	5	16	4
50,000	14	4	14	3
60,000	12	4	12	3
70,000	10	3	10	2
80,000	8	3	8	2

*La dosis de potasio en MD2 deberá ser entre 20 y 40 % mayor que la de Cayena Lisa, según contenidos en el suelo.

Fuente: Rebolledo et al. (2011).

Las mayores dosis por planta (18-6-18-4) para el ciclo de plantilla, corresponden a la densidad de 30 mil plantas/ha, mientras que las más bajas (8-3-8-2), a la de 80 mil plantas/ha. Esto, debido a que las plantas, a altas densidades, crecen menos y su fruto es más pequeño, y por una mayor densidad radical y cobertura foliar, se da una mayor eficiencia en el aprovechamiento de los nutrientes durante y después de las aplicaciones realizadas en campo.

Para el caso de un segundo o hasta tercer ciclo continuo de producción, denominados de "acahual", los cuales son más factibles sólo bajo acolchado plástico total y malla-sombra (ambiente protegido), las dosis sugeridas para cada planta-madre en soca pueden ser de sólo entre el 40 y 50 % de las sugeridas en plantilla; mientras que para el ciclo de resoca, la proporción es de sólo el 35 % de la inicial, ya que hay más nutrientes acumulados y el rendimiento de fruta y vástagos es menor. El número de dosis a distribuir, mencionadas, debe ser la mitad de las aplicadas a la plantilla, también antes del TIF (Tratamiento de Inducción Floral).

b) Extracción total de nutrientes en un ciclo productivo de plantilla

De acuerdo a información generada regionalmente por el Grupo de Investigación en Piña-INIFAP (GIP-INIFAP), se tiene que una hectárea de piña Cayena Lisa, Champaka o MD2, con alrededor de 30,000 plantas por hectárea (2.5 kg/fruto; 70 t de fruto/ha), extrae en promedio un total de 450 kg de N, 40 de P, 500 de K, 200 de Ca, 125 de Mg y 115 de S; mientras una con alrededor de 60,000 mil plantas por hectárea (2.1 kg/fruto; 125 t de fruto/ha) extrae alrededor de 600 kg de N, 60 de P, 750 de K, 280 de Ca, 180 de Mg y 170 de S, además de 6 kg de Mn, 10 de Fe, 0.6 de Cu, 0.9 de Zn, 1.0 de Bo y 1.0 de Mo. Las cantidades intermedias, en este rango de densidad de población (30 mil y 60 mil plantas/ha), pueden ser estimadas calculando sus proporciones, con respecto a ambas referencias.

Debe resaltarse que las cantidades mencionadas son las que las plantas madre, frutos y vástagos de cada densidad evaluada, extrajeron, no las que se les aplicaron vía fertilización adicional, sin contar tampoco las que el suelo contenía al momento de realizar la siembra de los experimentos que dieron estos resultados. Las cantidades anteriores han sido estimadas como promedios para plantaciones comerciales de piña, establecidas en la región del Bajo Papaloapan, bajo condiciones de temporal estricto y dos condiciones de manejo del suelo: suelo

desnudo y acolchado plástico. Cabe mencionar que, con base en el estudio realizado, las necesidades de potasio del híbrido MD2 resultó ser de 740 kg/ha, mientras que para Cayena Lisa y Champaka fueron de 615 y 525 kg/ha, respectivamente (Rebolledo et al., 2011). Esto representa un 20 y 40 % mayor consumo de potasio por el híbrido, con respecto a las variedades mencionadas, lo cual coincide con algunas experiencias en campo, reportadas por técnicos y productores en la región del Bajo Papaloapan, quienes han reflejado dichos cambios en sus programas de nutrición en las fincas.

Posiblemente otros genotipos cultivados, como el triploide denominado "Cabezona", producido exclusivamente en la región de La Chontalpa, en Tabasco, pueden también requerir hasta 20 % más nutrientes que Cayena Lisa en igualdad de densidades, ya que las plantas y frutos esperados en este material del grupo *Español*, son de 15 a 30 % más grandes que los de esta última. Sin duda, las determinaciones de consumo de nutrientes por ciclo productivo, para que tengan utilidad práctica, deben ser definidas por genotipo, densidad de plantación y tipo de ambiente edafoclimático en el que se cultiva, porque pueden variar de manera muy significativa. Es importante resaltar que el estado nutrimental de las plantas de piña, en cualesquiera de sus diversas etapas del ciclo productivo, depende de múltiples factores, como son: estado nutrimental inicial del vástago al momento de su siembra; contenido de nutrientes disponibles en el suelo; características físico-químicas del suelo; contenido y disponibilidad de agua en el suelo; desarrollo, sanidad y funcionalidad del sistema radical, y otros factores físicos y biológicos que permiten o dificultan a las raíces cumplir eficientemente con su función de extraer agua y nutrimentos del suelo y enviarlos a la planta para su aprovechamiento, además de brindarle el debido anclaje.

c) Manejo agronómico de las necesidades nutrimentales de la planta

La experiencia del INIFAP en la región indica que, debido a la extensa diversidad de suelos y más aún la amplia diversidad de estados de fertilidad de los terrenos, según el manejo y el deterioro acumulado en cada uno de ellos, lo más frecuente es que los terrenos no cuenten con todos los nutrientes necesarios o en todo caso no estén en las cantidades suficientes, por lo que deben ser suplementados adicionalmente en tiempo y forma durante el ciclo de cultivo. Lo anterior es importante, ya que cuando no se aplican adecuadamente (en cantidad, proporción, tiempo y forma),

tanto la planta como el fruto presentan problemas de peso, dimensiones o calidad comercial. Por ello se recomienda procurar un adecuado balance entre nutrientes, ya que los excesos de unos provocan deficiencias de otros, y así como se diagnostica la problemática existente, lo más prudente es recurrir al análisis de suelos y a la asesoría de expertos en nutrición de cultivos.

Una planta bien nutrida tiene: una coloración verde-olivo homogénea; un crecimiento balanceado de raíz y follaje; hojas de consistencia firme, pero no en demasía; entrenudos desarrollados, pero sin que las hojas queden compactas ni muy separadas. Coloraciones diferentes de las hojas (muy pálidas o muy obscuras) y el aspecto general de la planta, son indicadores de un estado nutrimental no equilibrado, aunque en ocasiones estos síntomas pueden confundirse con el daño de alguna plaga o enfermedad. La meta para cualquier plantación comercial es lograr un equilibrio nutrimental adecuado al momento del Tratamiento de Inducción Floral (TIF).

Debido a la morfología y fisiología que le brinda a la planta de piña el ser una bromelia terrestre, con amplios antecedentes de haber sido antes una planta totalmente epífita, sus alternativas para la obtención de nutrimentos y agua son varias y más efectivas que las de otros cultivos menos versátiles. La planta de piña puede aprovechar los nutrientes y el agua, ya sea: i) vía foliar hidrofílica (canales epidérmicos, poros hidrófilos, estomas, tricomas, imperfecciones en cutícula, paredes celulares en las áreas no clorofílicas de la base de las hojas), vía que resulta ser la más adecuada para aplicar –foliarmente– los micronutrientes; ii) vía sistema de raíces adventicias que rodean la base del tallo y hojas inferiores, para fertilizaciones sólidas, pero principalmente líquidas, con elementos mayores (N, P, K, Ca y Mg) y pesticidas, y iii) vía sistema de raíces subterráneas, cuando las aplicaciones son sólidas o bien fueron foliares o líquidas, pero escurrieron hasta el nivel de las raíces inferiores, donde también se puede aprovechar, parte de ellas.

Es importante resaltar que si bien el sistema radical subterráneo de la piña no es tan fuerte y vigoroso como el de otras especies, es lo suficientemente efectivo para aprovechar en buena proporción los recursos que el suelo resguarda, siempre y cuando se mantenga sano y completo, sin daños causados por nemátodos, sinfílidos, comején, gallina ciega o enfermedades causadas por pudrición negra del tallo (*Thielaviopsis paradoxa* o *Ceratocystis paradoxa* (De Seynes) Höhn), pudrición

del cogollo y raíz (*Phytophthora cinnamomi* Rands), pudrición de raíz (*Pythium arrhenomanes* Drechs) o pudrición de raíz o muerte descendente (*Fusarium oxysporum*). Las raíces subterráneas también pueden dañarse o limitarse en sus funciones por exceso de humedad o de compactación del suelo. Es importante que los sistemas radical adventicio y subterráneo se mantengan siempre activos y completamente sanos durante todo el ciclo productivo, ya que sólo así podrán aprovecharse la humedad, gases (O_2) y nutrientes propios del suelo y los que se han acumulado en las diferentes formas de aplicación. Los experimentos de campo demuestran y confirman que la inoculación de las raíces con endomicorrizas de probada efectividad regional (Rizofermic-UV®), aumenta su eficiencia hasta en un 50 %.

El manejo del cultivo bajo ambiente protegido permite a las raíces de la planta una mejor condición de humedad y temperatura para absorber y aprovechar los nutrimentos que tiene disponibles en su entorno, lo cual se refleja en las menores cantidades de fertilizantes químicos que se le aplican (hasta 40 % menos), para lograr no sólo iguales, sino mayores rendimientos que en plantaciones homólogas, que se manejan bajo el sistema convencional hawaiano, a suelo desnudo y cielo abierto. Las plantas bajo el resguardo de malla-sombra se desarrollan en un ambiente más favorable y por ello aprovechan mejor los suministros de nutrimentos, con los cuales generan y acumulan más metabolitos durante más horas efectivas durante el día, ya que las temperaturas se mantienen mayor tiempo dentro del rango óptimo para realizar la fotosíntesis y demás funciones vitales, como la transpiración activa. Por eso es importante que, quienes utilicen este sistema de manejo, consideren que no deben sobrefertilizar sus cultivos de manera innecesaria, porque el sistema de ambiente protegido, al hacer más eficientes los fertilizantes y la actividad radical, para capturar humedad y nutrientes, debe ser debidamente monitoreado para no exceder las necesidades y provocar anomalías, por ejemplo, un exceso de nitrógeno puede ocasionar: resistencia de las plantas al TIF, presencia de frutos “abotellados” y con exceso de corona, pérdida de consistencia de la pulpa y cáscara de la fruta.

7.6.3 Métodos de aplicación de fertilizantes

Un factor fundamental a considerar en el aprovechamiento y eficiencia de los nutrimentos por la planta, es la manera y frecuencia de fertilización. Cuando se utiliza el

acolchado plástico total, se procura reducir al máximo el ingreso de personal a las plantaciones, para evitar daños innecesarios a la película plástica, por lo que la mayoría de los productores y técnicos responsables de los piñales optan por hacer una aplicación de fondo con fertilizantes sólidos, en suficiencia, antes de colocar el plástico y luego continuar con aplicaciones foliares y líquidas, preferentemente con los equipos aspersores de alto volumen, recurriendo sólo a las fertilizaciones sólidas estrictamente necesarias.

Finalmente, éstas pueden realizarse mediante cualesquiera de las siguientes tres opciones, donde la tercera es la más frecuente y tal vez la más efectiva.

a) Fertilizaciones sólidas en presiembra en piña

Esta fertilización "de inicio" o también llamada "de fondo", es particularmente importante cuando se emplea acolchado plástico total, ya que una vez colocado, las aplicaciones a la base de las plantas son difíciles, ineficientes y riesgosas, porque puede haber quemaduras en las partes tiernas debido a la aplicación indebida del fertilizante. Para evitar hacer más fertilizaciones sólidas en el corto plazo (cuatro meses), muchos productores optan por aplicar en esta oportunidad una cantidad de fertilizante considerable, entre 500 a 1,500 kg de la mezcla activa seleccionada, preferentemente de las que contienen N-P-K-Mg y algunos otros nutrientes (Ca, Zn y B) de refuerzo inmediato, que son de granulometría estandarizada y de lenta liberación, para evitar su pérdida por lixiviación, antes de ser aprovechados por las plantas.

Los fertilizantes se aplican y distribuyen exclusivamente sobre la parte central de la cama de siembra, dentro del límite interno de las hileras de plantas que conforman la calle angosta. Colocados en esa franja ubicada en la parte superior de las camas de siembra, aun cuando parte de los fertilizantes tengan un deslizamiento o dispersión hacia las partes laterales inferiores (incluso, al fondo del surco de las camas), la mayor parte quedará disponible para las plantas de piña, colocadas cerca de las orillas de la cama. Este principio es válido también para las micorrizas, abonos orgánicos, nematicidas, enraizadores y demás productos aplicables en esa oportunidad; sin embargo, deben considerarse las posibles reacciones negativas si estos productos son aplicados en mezcla, cuando ésta no haya sido indicada. Los fertilizantes sólidos pueden distribuirse de manera uniforme sobre el lomo de las camas, ya sea en una sola banda ancha o en doble banda, en

franjas equidistantes y coincidentes con las dos hileras de plantas que se siembran sobre cada una de ellas. La aplicación puede ser manual o mejor aún, con el mismo equipo con que se construyen las camas de siembra, agregándole una fertilizadora automática.

Es importante observar si esta fertilización satisfizo los requerimientos del cultivo durante esos tres o cuatro meses iniciales del ciclo, de otra manera debe aplicarse, al menos, otra sólida, mientras el dosel de las plantas no "cierre" lo suficiente para optar por hacerlas líquidas o foliares, para su mejor aprovechamiento.

b) Fertilizaciones sólidas en plantaciones de piña en desarrollo

En plantaciones con acolchado plástico total, después de que hayan transcurrido tres o cuatro meses de la primera fertilización, y dado que las hojas basales de las plantas ya deben estar bien desarrolladas y fuertes para resistir la aplicación de fertilizantes sólidos, su aplicación puede proporcionarse en cantidades cada vez mayores. Esto, para evitar tener que colocar el fertilizante sólido debajo de la película plástica, lo cual es complicado.

En una planta de mediana edad o adulta en estado vegetativo, las aplicaciones sólidas necesarias pueden dirigirse a las axilas de las terceras o cuartas hojas "bajeras", para lograr el mayor contacto posible del producto, primero, con las raíces adventicias que están en su base alrededor del tallo y, finalmente con las subterráneas. Se sugiere aplicar cada vez cantidades que no sean mayores a 10 o 15 g/planta, para no dañar la planta o bien para que su sobreaplicación no genere el desperdicio de producto.

Para la aplicación manual de los fertilizantes sólidos, se usan cucharas plásticas de capacidad volumétrica conocida (5, 10 o 15 g), insertada a una extensión de madera que permita al aplicador tomar el producto del recipiente donde lo lleva (una cubeta o balde, colgado del cuello u hombros) y colocar la dosis exacta donde corresponda, sin mayores problemas y con el menor esfuerzo. Un inconveniente de las aplicaciones sólidas abundantes, es que los nutrientes que contienen presentan mayores riesgos de ser "lavados", lixiviados y arrastrados a sitios fuera del alcance de las raíces, en caso de lluvias considerables o riegos por aspersión excesivos. También ocurren pérdidas por falta de humedad,

principalmente de nitrógeno por evaporación, o simplemente porque el fertilizante queda inactivado temporalmente, hasta que se restablecen las condiciones de humedad necesarias para que éstos se disuelvan, prolongando más el ciclo del cultivo.

c) Fertilizaciones foliares y líquidas

Una sola aplicación sólida de 10 a 20 g/planta de cualesquiera de las mezclas de fertilizantes compuestos (12-8-12-4; 15-10-15; triple 16; etc.) o de las fuentes de fertilizantes químicas convencionales (urea, sulfato de amonio, nitrato de potasio, etc.), equivale en la práctica, a tener que realizar entre cuatro o cinco aplicaciones líquidas para aplicar la misma cantidad de nutrientes a las plantas vía sólida, sin causarles daños como quemaduras en las partes más tiernas como resultado de la concentración de sales. Esto, debido a que, al tratar de aplicar esa misma dosis de fertilizantes diluida en agua, en una sola fertilización foliar o líquida, trae como consecuencia daños a los tejidos de la base de las hojas, raíces y cogollo, incluso al fruto si se hace en aspersión total. Esto significa que si quisiéramos sustituir las cuatro o cinco aplicaciones sólidas (entre 15 y 25 g/planta) para aplicar toda la dosis del ciclo (80 a 100 g/planta) de las mezclas ternarias utilizadas comúnmente en este cultivo, deberán realizarse entre 16 o 20 aplicaciones líquidas, que son las equivalentes a la versión sólida. Si las sólidas se aplican cada 2.5 meses, las cuatro o cinco líquidas equivalentes deben realizarse con base a una periodicidad de 15 días entre ellas.

De acuerdo a los expertos, la fertilización líquida y foliar, principalmente la realizada con equipos aspersores de alto volumen en plantaciones con densidades medias y altas o, manualmente, mediante bombas de mochila en las de densidades bajas, resulta mucho más eficiente que la fertilización sólida, siempre y cuando se haga de la manera correcta y a las concentraciones adecuadas, condiciones ambientales propicias (frescas y con alta humedad relativa) y con la mayor frecuencia posible. Es mejor aplicaciones menos concentradas y frecuentes que, menos frecuentes y más concentradas. Siempre es mejor una fertilización líquida muy frecuente y a baja concentración (menor al 5 %) que no ponga en riesgo los tejidos tiernos de la planta (cogollos, raíces tiernas, pelos absorbentes, frutos en desarrollo inicial, hijuelos, etc.), que unas pocas sólidas, muy espaciadas y con altas

concentraciones de sales que dañan directamente los tejidos blandos de las plantas y alteran su fisiología, en perjuicio del rendimiento y calidad de la cosecha.

Los nutrimentos y resto de insumos aplicados foliarmente se aprovechan mejor si se aplican en las horas más frescas y sin viento, lo cual ocurre normalmente de las ocho de la noche a las ocho de la mañana del siguiente día. Durante este período se reduce la evaporación, por lo que las plantas aprovechan mejor el agua, ya que además se activa la apertura estomática en las hojas, con un consecuente incremento en la absorción de los nutrimentos y otros insumos, de acción sistémica. Las aplicaciones realizadas durante las horas más calurosas del día pueden producir quemaduras de consideración, según la edad y tamaño de la planta, ya que mucha del agua de la solución empleada, se evapora incluso antes de hacer contacto con las plantas, por lo que su concentración se aumenta.

Cuando se utilicen equipos de aspersión de alto volumen, que bañan toda la planta, las concentraciones de fertilizantes no deben exceder el 1 % (es decir 1.0 kg de sales fertilizantes, por cada 100 L de agua aplicados) en la época de extrema seca y deben realizarse estrictamente en la noche o durante la madrugada. Cuando las condiciones de humedad aumentan y las temperaturas extremas se reducen, las concentraciones de la solución, pueden ir aumentando sin rebasar el 5 %, incluso pueden realizarse durante el día, siempre y cuando el ambiente esté realmente muy fresco y nublado. En plantas pequeñas, en las que todavía no se logran sus hojas, y sus cogollos están muy tiernos y expuestos, los cuidados deben ser extremos al preparar y aplicar las mezclas.

Los mejores aspersores de alto volumen disponibles en la región, fabricados por la empresa Agro-Demeneghi, normalmente tienen tanques con una capacidad de entre 1,500 a 3,000 L, siendo los de 2,500 L los más frecuentes. En su diseño y mejoramiento de sus partes, sistemas y accesorios, el INIFAP ha tenido significativa participación, buscando la mayor eficiencia de los productos aplicados con ellos, y que las tecnologías generadas resulten en el beneficio de los usuarios.

En un piñal de mediana o alta densidad de plantación, ya desarrollado, bastan 500 L/ha, o poco menos, para que la mezcla fertilizante bañe el total de las hojas y quede sólo en ellas, considerándose como *una fertilización foliar*; 1,500 L/ha son los necesarios para que la mezcla bañe el total de las hojas y los restos queden atrapados en el cogollo y axilas de las plantas, al nivel de las raíces adventicias,

calificándose como una *fertilización líquida*; y cantidades mayores a 2000 l/ha hacen referencia a una *fertilización mixta*, ya que bañan las hojas, raíces adventicias e incluso, llegan al suelo y son aprovechadas, en lo posible, por las raíces subterráneas.

d) Fertilizaciones mixtas en plantaciones en desarrollo

La combinación de fertilizaciones, una a tres sólidas (con mezclas físicas ternarias o similares) y siete a quince líquidas (con el uso combinado de fuentes de nutrientes simples o binarias), es la opción más utilizada en las plantaciones piñeras mecanizadas y con densidades de siembra de medianas a altas. Se da la primera sólida de inicio, antes de acolchar, y una o dos más a los tres y cinco meses después de la siembra, seguidas de entre ocho y 16 aplicaciones líquidas, según condiciones de desarrollo de la plantación. La frecuencia de las líquidas es semanal o quincenal, según comportamiento de la plantación.

Si en alguna etapa media o avanzada del ciclo de cultivo se presentan síntomas de deficiencia (verificados, preferentemente con resultados de análisis de tejidos de laboratorio) de algunos macro o microelementos, aún después de aplicar todo lo programado en el tratamiento de fertilización, será necesario efectuar aplicaciones adicionales con los nutrientes deficitarios. En caso de observarse posibles excesos en las aplicaciones de determinado elemento, debe restringirse su inclusión en fertilizaciones posteriores a su detección, hasta lograr el equilibrio.

e) Fertilizaciones con micronutrientes

Existe una dificultad real en campo para identificar acertadamente las deficiencias de los micronutrientes, ya que los síntomas no siempre se manifiestan claramente (hambre oculta), y por esta razón no se aplican al suelo los productos y dosis adecuadas, de manera preventiva, para su corrección. Aunque los análisis de suelo previos a la siembra, pueden advertir sobre la posible deficiencia o exceso de algunos de ellos, no todos los productores y empresas los utilizan y tampoco todos los laboratorios tienen disponibles los equipos para la determinación rentable o técnica de algunos micronutrientes, como el molibdeno, porque su costo es muy elevado. Por ello, lo más práctico es programar al menos tres aplicaciones foliares de micronutrimentos durante el desarrollo vegetativo del cultivo, a los tres, cinco y siete meses después de la plantación, y antes del TIF.

No deben aplicarse los micronutrientes al suelo para resolver problemas evidentes de deficiencias en cultivos en desarrollo, pues no serán debidamente aprovechados por las plantas, ya sea por problemas en la química del terreno o de las propias raíces que fallan y no logran una eficiente absorción de ellos. Lo mejor son las aplicaciones vía foliar o, incluso, líquida.

Una opción práctica para cumplir con esta importante aplicación foliar de micronutrimentos es recurrir a presentaciones comerciales de alta solubilidad y contenido balanceado y adecuado a las necesidades de piña, de estos elementos. Una de ellas, entre las varias disponibles en la región, pero quizá la más balanceada es FERTIPIÑA®, a razón de tres aplicaciones de 5 a 7 kg/ha, entre los tres y siete meses después de la siembra y la inducción floral de la plantación, aplicados junto con los elementos mayores en las aspersiones programadas. Este producto contiene las cantidades de Fe, Zn, B, Mn, Mo y Cu en las proporciones que el INIFAP determinó como las más adecuadas para el cultivo en la región. Existen varias presentaciones comerciales que tienen los mismos principios, aunque los elementos y las proporciones entre ellos no son iguales, esto debe de considerarse al momento de definir las dosis a aplicar. Además, es necesario dar preferencia, en esos productos multinutrientes, a mayores contenidos de molibdeno, que a manganeso.

Para pequeños productores estos productos comerciales ya preparados y listos para usarse son la mejor opción, sin embargo, para los que tienen considerable superficie de plantación y alto consumo de micronutrientes, la opción más económica puede ser usar las fuentes primarias de los elementos (sulfato ferroso, de zinc, de manganeso, de cobre, de calcio y de magnesio, así como molibdatos sódicos o amónicos, nitrato de calcio, óxido de calcio, bórax, etc.), para aplicarlas de acuerdo a los programas de nutrición de cada finca. Aunque más barata, la opción resulta también más complicada, ya que las soluciones se deben hacer inmediatamente antes de aplicarlas y con precaución, para no excederse o equivocarse en las pequeñas cantidades a mezclar y provocar intoxicaciones al cultivo. Los productos-fuentes deben resguardarse y manejarse adecuadamente en una bodega para aprovecharlos totalmente, lo cual no siempre se logra, por lo que es frecuente que haya pérdidas en la calidad de los mismos y por ello tengan que desecharse, resultando económica y ecológicamente indeseable.

Cuando se aplican micronutrimentos (sólo los considerados iones) usando como fuentes los sulfatos, se debe quelatar la solución para aumentar la eficiencia en la absorción de los elementos por las plantas. Existen varias alternativas y productos para hacerlo, aunque al parecer los más eficientes son los agentes quelatantes fuertes (como el EDTA, DTPA, EDDHA, HEEDTA, NTA y CDT), le siguen los intermedios (poliflavonoides, lignosulfatos, aminoácidos, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, polisacáridos y otros) y, finalmente, los más débiles (ácidos cítrico, ascórbico, tartárico y adípico). Por su origen natural, los ácidos húmicos, fúlvicos y las proteínas hidrolizadas (como fuentes de aminoácidos) han incrementado su uso como agentes quelatantes de micronutrientes para aplicaciones foliares y al suelo, incluso, para mejorar la penetración de plaguicidas y otros insumos como reguladores del crecimiento. Los micronutrimentos B y Mo por no estar en forma de ion, generalmente no se quelatan.

7.6.4 Tipos y fuentes de fertilizantes

En el mercado regional se puede adquirir una amplia gama de fuentes de fertilizantes de origen diverso, contenidos nutricionales, calidad y precios. Dada la importancia que éstas tienen en el desarrollo y éxito comercial del cultivo, se hace una revisión de ellas. Entre las más importantes por tipo, utilizadas en piña, están:

Enmiendas al suelo. Aplicadas directamente al terreno en presiembra con fines de mejorar sus características químicas, principalmente para eliminar los radicales libres excesivos de Al y Mg, aumentar el pH y los contenidos de calcio y magnesio y brindar un ambiente más adecuado a las raíces de del cultivo.

Las más comunes, son: óxido de calcio o “cal viva” (71 % de Ca), muy poco utilizada manualmente por lo reactivo del producto; hidróxido de calcio o también llamada, “cal apagada” (54 % de Ca), con menos problemas de quemaduras, pero aún reactiva; carbonato de calcio o calcita (40 % de Ca); y carbonato de calcio-magnesio (12 y 21 % de Mg y Ca), conocida como cal dolomita o dolomítica. Cuando se trate de incrementar los contenidos de Ca y S del suelo sin alterar su pH, la aplicación superficial de sulfato de calcio molido (20 y 14 % de Ca y S), más conocido como yeso, eleva la capacidad de intercambio catiónico, disminuye el nivel de aluminio intercambiable y la saturación de aluminio en el complejo de intercambio del suelo.

Fertilizantes básicos. Son fuentes casi siempre simples, algunas veces binarias e incluso ternarias, según el número de nutrientes contenido en ellos, principalmente de elementos mayores (N, P y K) y menos frecuente, algunos secundarios (Ca, Mg y S). Estas fuentes de fertilizantes se usan para aplicar nutrientes a conveniencia en la plantación, para resolver una deficiencia expresa y bien identificada, o bien para preparar algunas de las mezclas físicas convencionales más utilizadas para piña en la región del Bajo Papaloapan, señaladas como ejemplos en el cuadro 20. Cada una se utiliza para satisfacer necesidades del cultivo de piña en las diferentes etapas de su ciclo y fertilidad natural del lote, según resultados de análisis de tejido vegetal y el criterio del productor o técnico responsable del programa de nutrición del lote.

Ejemplos de estas fuentes primarias, son: urea (46-00-00), sulfato de amonio (21-00-00-24 S), nitrato de amonio (33.5-00-00), nitro-calcio (26-00-00-12 CaO), nitrato de potasio (13-00-44), nitrato de calcio (15-00-00-26 CaO), fosfato diamónico (18-46-00), fosfato monoamónico (10-50-00-02 CaO), superfosfato simple de calcio (00-19-00-20 CaO-12 S), superfosfato triple (00-46-00), cloruro de potasio (00-60-00), sulfato de potasio (00-50-00-17 S), sulfato de potasio y magnesio (00-00-22-18 MgO-22 S), sulfato de magnesio (00-00-00-16 MgO-22 S), sulfato de calcio (00-00-00-24 Ca-14 S), sulfato de zinc (00-00-00-31 Zn-xx S), triple 17 (17-17-17 base Cl), entre las principales.

Las mezclas físicas de fertilizantes convencionales (Cuadro 20), al aplicarlas en forma sólida tienen diferentes proporciones de elementos requeridos, para ser utilizadas, según criterio y experiencia del técnico o productor responsable de la plantación, siempre considerando los resultados de los análisis de tejido foliar.

Como se observa, el sulfato y nitrato de amonio son las fuentes de nitrógeno más utilizadas y probablemente las más adecuadas para prepararlas, de acuerdo a las condiciones regionales. Sin embargo, de no contar con éstas en el mercado, se pueden preparar con base a otras disponibles, como: urea, triple 17 o 16, nitrato de potasio o 18-46-00.

Cuadro 20.
Cantidades en kilogramos, necesarias para elaborar una tonelada de las mezclas físicas de fertilizantes más utilizadas en el cultivo de piña, con base en las fuentes básicas disponibles en la región del Bajo Papaloapan, INIFAP (2011)

Mezcla fertilizante N-P-K-Mg (%)	Fuentes fertilizantes para elaborar una tonelada de cualquiera de las mezclas indicadas (kg)				
	Sulfato amonio (20-5-0-0)	Nitrato amonio (33.5-0-0)	Superfosfato calcio triple (0-46-0)	Sulfato potasio (0-0-50)	Sulfato magnesio (0-0-0-11)
15-05-10	700	---	100	200	---
16-00-10	800	---	---	200	---
10-05-20	500	---	100	400	---
12-00-20	600	---	---	400	---
12-07-12	600	---	150	250	---
10-05-10-03	500	---	100	200	200
20-05-12	---	650	100	250	---
24-00-12	---	750	---	250	---
15-05-20	---	500	100	400	---
15-00-24	---	500	---	500	---
12-08-12-02	---	400	150	250	200
18-15-18	---	550	100	350	---
20-00-20	---	600	---	400	---

En el caso del potasio, la mejor fuente es el sulfato de potasio, aunque esto no es del todo válido para toda la temporada del año. Otro problema con esta fuente es que no siempre está disponible y su alto costo obliga, en ocasiones, a utilizar otras fuentes del nutrimento. La alternativa más utilizada para suplirlo es el cloruro de potasio, el cual puede aplicarse bajo las siguientes consideraciones: i) que no rebase el 50 % de total de K_2O programado, ya que la sustitución completa del sulfato por cloruro reduce la producción y calidad del fruto; ii) en las plantaciones cuyos frutos se cosecharán durante la temporada cálida (de mayo a septiembre), se puede aplicar cloruro de potasio, a partir de la segunda mitad del ciclo de crecimiento vegetativo, incluso hasta poco después de la floración. Con esto se estimula un benéfico incremento en la acidez de los frutos que reduce la incidencia de "mancha café", provocada por cambios bruscos en la temperatura y humedad, a causa de lluvias súbitas en horas de alta temperatura ambiental, y iii) en las plantaciones cuyos frutos se cosecharán durante la temporada fría y de "nortes" (octubre a marzo), se sugiere evitar al máximo las aplicaciones de cloruro de potasio al final

del ciclo, ya que agravan el problema de extrema acidez del fruto, por lo que de ser absolutamente necesarias, deben realizarse sólo durante la primera mitad del ciclo de crecimiento.

Mezclas físicas convencionales. Son resultado de la mezcla física (no química) de fertilizantes simples o binarios, químicamente compatibles que, en las proporciones adecuadas, aportan las fórmulas requeridas por la piña según el estado nutrimental de la planta, como la 12-8-12-4 (N-P_2O_5-K_2O-MgO) y la 12-8-12 (N-P_2O_5-K_2O).

En este tipo de mezclas convencionales, no procesadas, los tamaños de partículas y gránulos son muy variados, según vengan las fuentes originales usadas, por lo que en su manipulación es común que se vayan separando entre ellos por densidad o forma, por lo que deben remezclarse constantemente durante todo el proceso de aplicación, para lograr un grado de uniformidad aceptable. Las mejores mezclas son aquellas que logran una buena compatibilidad entre el tamaño de sus partículas, es decir, las que menos segregación tienen entre ellas, aun cuando se les manipula. También debe tomarse muy en cuenta su grado de higroscopicidad de cada fuente para preparar las mezclas, sobre todo cuando éstas no serán aplicadas en breve, ya que las que usan fuentes altamente higroscópicas (urea, nitrato de amonio, etc.) se humedecen, chorrean y se apelmazan rápidamente, haciendo difícil su posterior uso y aplicación.

Para lograr el debido balance en las formulaciones de las mezclas, algunos fabricantes utilizan materiales inertes (como arena) que sólo resultan en rellenos infértiles y que representan un costo adicional por su transporte y aplicación. Por ello, y de ser posible, es mejor pedir al proveedor que la arena sea sustituida por zeolita o algún otro material que realmente resulte de beneficio al suelo y al cultivo.

Mezclas físicas diferenciadas. Similares a la 12-8-12-4 ((N-P_2O_5-K_2O,MgO), la 12-8-12 (N-P_2O_5-K_2O) y otras varias, pero con la ventaja de que han sido elaboradas con mejores técnicas y procesos que permiten mejoras importantes para su manipulación y con buenos resultados en campo, pueden ser mezclas activadas, estandarizadas, de granulometría uniforme y libre de polvos, con gránulos recubiertos que permiten una liberación gradual de los nutrientes, enriquecidas con elementos secundarios (Ca y Mg) y micronutrientes (Zn, B, etcétera.).

Un ejemplo de empresas especializadas en este tipo de productos es FYPA, con la serie FYPA-Tecnología RADICAL®. Esta serie incluye las siguientes mezclas activadas: Arranque (10-15-05-07 MgO-11 CaO-01 ZnO-0.3 B_2O_3), desarrollo (13-00-17-06 MgO-10 CaO-0.9 ZnO-0.3 B_2O_3), balance (15-05-10-06 MgO-10 CaO-0.9 ZnO-0.3 B_2O_3), nitro (30-00-00-01 MgO-07 CaO-0.7 ZnO-0.2 B_2O_3-08 SO_4), calidad piña (12-08-12-06 MgO-10 CaO-0.9 ZnO-0.3 B_2O_3), calidad 1 final (10-00-10-09 MgO-16 CaO) y calidad 2 inicial (10-10-00-10 MgO-17 CaO). Sin duda, resultan mejores que sus similares, ya que las diferenciadas permiten aplicaciones uniformes y una liberación de los nutrientes que la componen más acorde a las necesidades de la piña, que es un cultivo cuyas raíces no absorben cantidades considerables de elementos en plazos cortos, sino más bien medianos y largos. Para el caso de la fertilización de fondo, en presiembra, cuando se usa acolchado plástico, estas opciones son las mejores.

Fertilizantes complejos o compuestos. Estos fertilizantes son producto de reacciones químicas que resultan en formulaciones más completas en nutrimentos, más solubles, eficientes y con menor contenido de sales, tales como los que fabrica la empresa noruega Yara®, o la alemana Basf®, con su línea Nitrofoska®, por mencionar unos ejemplos de opciones regionales. Se presume que, cada gránulo tiene un mismo contenido de nutrientes, de acuerdo a su diseño y fuentes para elaborarlos. Son químicamente estables, menos higroscópicos (absorben menos humedad del ambiente) pero muy solubles, más resistentes a la abrasión y por ello menos propensos a formar polvos, por lo que su aplicación permite una mayor uniformidad de nutrimentos en campo. Normalmente son adicionadas con algunos microelementos, para hacerlas aún más versátiles.

Como ejemplos de mezclas químicas de la empresa Yara, está la serie Yara-Mila, en la que se encuentran: COMPLEX (12-11-18-2.7 MgO), ACTYVA (21-07-14-03 MgO), HYDRAN (19-04-19), STAR (21-17-03) y TRISTAR (15-15-15); de la serie Yara-Bela, NITROMAG (27-00-00-04Ca-04 MgO); de la serie Yara-Liva, CALCINIT (15.5-00-00-26.5 CaO),-NITRABOR (15.4-00-00-25.6 CaO-0.3 B) y TROPICOTE (15.5-00-00-26.3 CaO).

Adicionalmente, a estos fertilizantes complejos o compuestos se les pueden agregar otras ventajas como las descritas para las mezclas físicas diferenciadas, lo que mejora sus propiedades y aumenta su eficiencia y beneficios. Sin embargo, su

empleo puede resultar cuestionable cuando se usan para fertilizaciones sólidas dirigidas al suelo o a las axilas de las hojas “bajeras” de piña, dado que por su alta solubilidad, una parte considerable de sus componentes pudieran ser desaprovechados por las raíces, al no tener la capacidad de absorber tanta cantidad disponible en un corto tiempo, por lo que su uso debe privilegiarse para aplicaciones líquidas y foliares, que requieren productos muy concentrados en nutrientes y con poco contenido de sales.

Fertilizantes líquidos para aplicación foliar o fertirriego. Se consideran fertilizantes líquidos aquellos que contienen uno o más de los nutrimentos requeridos por las plantas, dispersos en un medio líquido y que no requieren ser diluidos, previo a su aplicación. Entre ellos, se encuentran muchos fertilizantes clasificados como foliares. Los fertilizantes líquidos son los que aparentemente logran la mayor uniformidad en la aplicación sobre el terreno o el cultivo y por ello se asocian a mejores rendimientos. Algunos pueden ser aplicados directamente o bien disueltos en agua, según necesidades y características del cultivo y disponibilidad de equipos para este fin. Se fabrican con base a productos químicos y orgánicos, ya sea en suspensiones o mezclas, o bien en soluciones. Las primeras son una mezcla heterogénea de un sólido (polvo y/o pequeñas partículas no solubles), dispersas en un líquido; las segundas, contienen uno o más elementos nutritivos disueltos en agua, pero de manera homogénea. El contenido de nutrimentos en los fertilizantes líquidos es en su mayoría de macroelementos (N, P y K), también de Ca, Mg y S.

Algunos contenidos de productos comerciales de este tipo, disponibles en el mercado regional, son: 35-0-0; 31-0-0; 26-0-5.2; 26-0-0-4.75 (SO_4); 25-0-0-9 (SO_4); 19.25-0-5.5; 3-0-9-10 (SO_4); 9-0-0-18 (CaO); 7.6-0-0-11; y la 11-0-11. Estos productos generalmente se complementan con pequeñas dosis de microelementos para darles mayor valor nutrimental y quizá elevar su precio, aunque no por ello deben considerarse como aportantes principales. Es importante que, en piña, el productor evalúe muy bien el costo/beneficio de su empleo, ya que la planta, por su anatomía y fisiología, resiste más (sin llegar a la exageración) aplicaciones foliares y líquidas con relativos altos contenidos de sales sin mostrar daños aparentes en sus hojas, raíces, pelos absorbentes y partes tiernas, como cuando se utilizan diluidas fuentes de fertilizantes más baratas, pero con mayor contenido de sales.

Fertilizantes con alto contenido de microelementos. A diferencia de los que sólo contienen pequeñas cantidades agregadas, éstos pueden estar disponibles en presentaciones líquidas o sólidas, pero todas con un alto grado de concentración y solubilidad. La mayoría sólo contienen uno o dos micronutrientes compatibles, pero la diversidad de mixturas entre ellos es muy amplia, lo cual permite cubrir casi toda la gama de posibilidades combinatorias necesarias para el cultivo de piña. Otras incluyen la mayor cantidad posible de micronutrientes, como Fertipiña®, mencionado anteriormente. En piña, la mejor opción para la fertilización con micronutrientes es la foliar, aunque también es altamente eficiente en el caso de NPK y otros elementos necesarios para el cultivo.

La mayor parte de los fertilizantes con micronutrientes, son sulfatos: Sulfato ferroso ($FeSO_4.7H_2O$), Hierro (Fe); Sulfato de cobre ($CuSO_4.5H_2O$), Cobre10 (Cu); Sulfato de zinc ($ZnSO_4.7H_2O$), Zinc10 (Zn), y Sulfato de manganeso ($MnSO_4.7H_2O$), Manganeso10 (Mn). Otros pocos, son: Bórax ($Na_2B_4O_7.10H_2O$), Boro10 (B) y, Molibdato de sodio ($Na_2MoO_4.10H_2O$), Molibdeno10 (Mo) (IFA, 1992). Sin embargo, todos deben ser aplicados procurando no mezclarlos con elementos que pudieran neutralizarlos, como los básicos (Ca, B, etc.). Todos responden y son más eficientes si se aplican en formas quelatadas.

Cuando se aplican en condiciones de alta temperatura gran parte del agua de la solución se evapora, por lo que se incrementa la concentración de elementos y así se corre un mayor riesgo de quemar los tejidos más tiernos de las plantas, inclusive hojas de mediana edad. Por ello, las aspersiones se deben realizar durante las horas más frescas del día, cuando haya alta humedad relativa y poco viento, lo cual ocurre generalmente en la madrugada o primeras horas de la mañana y en días frescos y nublados.

7.6.5 Análisis de suelo y tejido vegetal para apoyo de los programas de nutrición

Los datos completos sobre la extracción total de nutrimentos por ciclo productivo en cultivos comerciales de piña, sirven de apoyo para elaborar programas de fertilización generales o bien de sitio-específicos donde se requiera de una mayor precisión. Para definirlos, deben tomarse en cuenta los requerimientos del cultivo (extracción acumulada y por etapas del cultivo) de cada uno de los nutrimentos importantes y la oferta que hace de ellos el suelo, el rendimiento esperado y el nivel

de aprovechamiento promedio de los nutrimentos aplicados al suelo (eficiencia relativa). Conocer previamente y a detalle la disponibilidad de nutrientes en un predio a sembrar, sólo se logra mediante los correspondientes análisis de suelo, hechos en un laboratorio de reconocida calidad técnica y con muestras totalmente representativas del terreno a cultivar. El objetivo es identificar y corregir las principales restricciones químicas del suelo (acidez, bajo contenido de materia orgánica, salinidad, etc.), aprovechar una parte razonable de los nutrimentos que existen en mayor abundancia en el suelo y aportar las cantidades necesarias que se encuentran en cantidades limitadas para cumplir con las necesidades del cultivo, sin excederlas innecesariamente. De esta manera, se conserva o mejora la fertilidad natural del predio y se disminuye a un mínimo la aportación de fertilizantes químicos al suelo, así como los costos de producción y el impacto negativo que dejan en el agroecosistema regional los residuos de fertilizantes no aprovechados, cuando éstos han sido sobredosificados.

El análisis de suelo permite al productor conocer con anticipación si tendrá respuesta o no a la aplicación de un determinado nutrimento; así como planear sus necesidades de fertilizantes y las fuentes más adecuadas. Sin embargo, esta herramienta raras veces permitirá definir con precisión un tratamiento de fertilización ya que la concentración de la mayoría de los nutrimentos (especialmente N, K y Mg) varía notablemente con la época del año, la profundidad del suelo, la actividad microbiológica y la temperatura y humedad prevaleciente en el suelo.

En una plantación en desarrollo, es importante que el productor y el técnico apliquen su criterio y experiencia para la identificación, prevención y corrección oportuna de las deficiencias nutrimentales detectadas en las plantaciones; si no se hiciera, el rendimiento potencial disminuiría significativamente o la calidad y vida de anaquel de los frutos se reduciría, afectando negativamente el valor de la fruta y el prestigio de la empresa responsable en los mercados de su interés. Aunque la experiencia ayuda mucho, la manera más confiable para conocer los niveles de nutrientes en las plantas en cualquiera de sus etapas del ciclo de cultivo, es mediante el análisis foliar, realizado en un laboratorio confiable y con muestras de hojas representativas de la plantación a diagnosticar.

El conocer a detalle el estado nutrimental de las plantas de piña en sus diferentes etapas de crecimiento y desarrollo, principalmente antes del Tratamiento de Inducción Floral, es fundamental para alcanzar las metas de rendimiento y calidad esperadas, ya que se pueden realizar los ajustes necesarios en el transcurso del ciclo vegetativo del cultivo. El método más confiable y práctico recurre y conjunta a los "indicadores de planta", que son básicamente la detección visual de deficiencias de nutrimentos y la observación de sus niveles críticos con base al análisis de tejidos de la denominada hoja "D". La mejor edad del cultivo para practicar el análisis foliar es a los cuatro, seis y ocho meses después de la siembra, poco antes de hacer las aplicaciones de microelementos y, con base a los diagnósticos obtenidos, lograr su ajuste en las aspersiones programadas. El objetivo es conseguir que la planta llegue a floración en un estado nutricional completo y equilibrado, aunque los diferentes autores difieren en los contenidos de varios nutrientes que dichas hojas "D" deben contener para ser considerados adecuados antes del TIF, datos que se dejan a consideración del productor o técnico responsable de las plantaciones, para su interpretación más personalizada, de acuerdo a las condiciones que los piñales analizados muestran en campo.

Como se muestra en el cuadro 21, los valores nutrimentales encontrados en el tercio medio del tejido no clorofílico de la parte basal de las hojas "D", difieren entre autores, y fueron generados para Cayena Lisa en su mayoría. Esto confirma la necesidad de que en cada región piñera se definan patrones nutricionales, ya que las plantas varían su comportamiento y desarrollo de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas que prevalecen en cada lugar, por lo que cualquiera de las tablas que se muestran, deberá ser sólo utilizada como referencia. Con la experiencia, los productores y técnicos irán identificando cuáles niveles de cada nutriente son los que se asocian a un buen estado nutrimental y de desarrollo de las plantaciones muestreadas en campo, por lo que irá definiendo su propio patrón nutricional, más funcional y adecuado para sus necesidades. De ahí la importancia de lograr un archivo histórico de información relativa a fertilidad de suelos y análisis foliares de cada una de las melgas de producción, para identificarlas durante los diferentes ciclos productivos, según rendimientos y calidad de las cosechas obtenidas, y asociarlos a los resultados de los análisis foliares.

Cuadro 21.

Valores de nutrimentos que debe contener el tercio medio de la parte no clorofílica de la hoja "D" para considerar a una planta como bien nutrida, antes del TIF (varios autores)

Elemento	Nivel adecuado			Unidades
	a)	b)	c)	
Nitrógeno	1.5 - 2.0	1.5 - 2.5	1.4 - 1.8	%
Fósforo	0.1 - 0.2	0.15 - 0.35	0.12 - 0.20	%
Potasio	3.0 - 3.5	2.5 - 4.0	3.0 - 4.5	%
Calcio	0.4 - 0.6	0.4 - 0.8	0.4 - 0.6	%
Magnesio	0.25 - 0.4	0.25 - 0.5	0.25 - 0.50	%
Azufre	0.1 - 0.2	0.15 - 0.25		%
Fierro	50 - 150	100 - 200	200 - 300[y]	mg/kg
Cobre	10 - 50	10 - 50	8 - 15[y]	mg/kg
Zinc	20 - 40	25 - 70	20 - 30[y]	mg/kg
Manganeso	60 - 200	50 - 200	130 - 170[y]	mg/kg
Boro	20 - 25	15 - 30	15 - 30	mg/kg

* Los valores más altos son los más cercanos a las normas de 'MD2', ya que este cultivar presenta mayor concentración de nutrimentos. [y] Valores en la hoja "D" completa, que corresponden a las hojas más largas de la planta y que están en posición de 45°.

Fuente: a) Molina (2013); b) Jones, Wolf y Mills (1991); Reuter y Robinson (1997) citados por Herrera (2001); c) Rebolledo (2002).

Con los resultados del laboratorio, obtenidos oportunamente a partir del tejido foliar, se pueden efectuar las medidas correctivas y así asegurar una buena nutrición del cultivo en la etapa de floración. Para realizar el adecuado análisis nutrimental en una determinada plantación de piña, se recomienda hacer revisiones dentro de cada uno de los lotes que la conforman. Primero, se propone individualizar cada lote y llevar a cabo inspecciones visuales generales y posteriormente de manera detallada para localizar manchones de plantas con evidentes problemas nutrimentales o de crecimiento. Las posibles deficiencias de elementos no siempre se detectan visualmente, por lo que se debe ser muy cuidadoso y estricto en las revisiones en campo. Una vez que se tiene la certeza de que hay problemas con alguno o varios nutrientes, se procede a obtener muestras de las hojas "D" en los lotes más representativos o de interés para el productor o técnico responsable de campo. Sin excepción, se recomienda registrar el peso fresco y dimensiones de las hojas "D" representativas de cada lote, ya que esta hoja es también un indicador del peso fresco total de las plantas. Los lotes uniformes y con buen desarrollo también se sugiere sean muestreados porque en algunos casos existe la denominada

"hambre oculta" que podría resultar en una merma del rendimiento y calidad de la fruta, como lo establece la "Ley del mínimo de Liebig"; o en su defecto podrían ser utilizados como parámetros de referencia en futuras plantaciones. En ambos casos, el registro del nivel de rendimiento y la calidad de la cosecha son elementos de juicio invaluables para el técnico que dirige la plantación.

El mejor diagnóstico nutrimental se obtiene mediante los análisis foliares, para los que se recomienda colectar por lote alrededor de 25 hojas "D", una por cada planta muestreada, arrancándolas cuidadosamente; una vez colectadas se les corta la mayor cantidad de parte verde (clorofílica), dejando sólo alrededor de 5 cm de tejido clorofílico para que la parte basal de la hoja (tejido blanco, no clorofílico) sea enviado al laboratorio de nutrición lo más pronto posible y así evitar alteraciones en su composición. Las muestras de hoja "D", una vez obtenidas en campo y recortadas, se deben guardar de inmediato en una bolsa de polietileno limpia, sellarla herméticamente, identificarla debidamente y colocarla en una hielera, teniendo cuidado de resguardarlas y transportarlas al laboratorio en un ambiente constantemente fresco. Al laboratorio se le debe solicitar que el análisis se realice al "tercio medio" de la parte blanca de la base de la hoja.

Los resultados del laboratorio deben contrastarse con las evidencias que las plantaciones diagnosticadas muestran en campo, ya que estos no siempre reflejan el estado nutricional que las plantaciones tienen realmente.

7.6.6 Metodología para evaluar el crecimiento y nutrición de las plantas

El registro del comportamiento de una plantación, medido en términos de crecimiento y nutrición, permite programar más eficientemente la fertilización y mejorar la programación de la inducción floral, de acuerdo con la homogeneidad y ritmo de crecimiento del cultivo, por tanto, se logra una calendarización eficiente de la cosecha (Rebolledo et al., 2011). Así pues, en este apartado se describe la manera de llevar a cabo esta práctica, de acuerdo a Rebolledo et al. (2011).

Primero, es necesario marcar una "estación de muestreo" de 100 plantas dentro del piñal. Cada estación debe ser representativa de la población, por lo que para definir el número de sitios de muestreo debe considerarse la fecha de plantación, edad, tipo, tamaño y origen del material de siembra. De esta manera, por

cada melga o lote "uniforme", se forman tres estaciones de muestreo con plantas representativas de la población.

Los muestreos dentro de cada estación se inician a partir del cuarto mes, con una frecuencia que puede ser mensual o cada dos meses, considerando el intervalo más corto cuando se acerca el Tratamiento de Inducción Floral. Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Al inicio de la plantación, se marcan cuatro hileras de 25 plantas cada una. Esta estación servirá para todo el ciclo.
2. Al cuarto mes se da inicio a los muestreos en cada estación; las 100 plantas elegidas se clasifican en tres categorías: grandes, medianas y chicas. Por comodidad, se cuentan sólo las grandes y las chicas, por lo que el resto corresponde a las medianas.
3. De cada categoría, se arranca una planta, siempre fuera de la estación de muestreo, y se les toma su peso, además de revisarlas exhaustivamente para ver si hay plagas o enfermedades y su estatus.
4. De acuerdo con las frecuencias y pesos de planta de cada categoría, se analiza la información en donde se observa el grado de homogeneidad y el crecimiento de las plantas.

Un ejemplo de lo anterior se encuentra en el cuadro 22, donde se presentan los resultados de tres muestreos con características de plantas contrastantes.

Cuadro 22.
Ejemplo del comportamiento de tres plantaciones de piña

Estación de muestreo	Plantas					
	Grandes		Medianas		Chicas	
	%	Peso (kg)	%	Peso (kg)	%	Peso (kg)
1	30	3.9	40	2.5	30	1.8
2	15	3.3	60	3.0	25	2.6
3	10	3.0	85	2.6	5	2.0

Fuente: Rebolledo et al. (1998).

En la estación de muestreo 1 se obtuvo 30 % de plantas grandes, con pesos de 3.9 kg, 40 % de plantas de 2.5 kg y 30 % de plantas pequeñas, de sólo 1.8 kg. Estos resultados indican una alta heterogeneidad en la plantación, pues además de que los porcentajes fueron similares, las diferencias entre los pesos fueron altos. Se

concluye que la siembra fue muy heterogénea, es decir, la selección de vástagos para la plantación fue deficiente, o bien pudo haber otra causa posterior que impidió el crecimiento uniforme. En esta estación se dificulta decidir el momento de la diferenciación floral (Aplicación del TIF). Se esperaría que en la cosecha existieran grandes variaciones en el tamaño de la fruta.

En la estación de muestreo 2, aunque los porcentajes fueron contrastantes, el intervalo de peso no fue tan grande como en la estación 1. Estos resultados indican que el material vegetativo plantando fue más o menos homogéneo.

El análisis de la estación de muestreo 3 indica que la plantación en cuestión tuvo una excelente selección de hijuelo en la siembra, por tanto, no se tendrán dificultades para decidir el momento de la diferenciación, y se esperaría que la fruta cosechada sea muy uniforme en su tamaño.

En el caso de querer conocer la velocidad de crecimiento, los datos actuales se comparan con los muestreos anteriores y se determinan cuántos gramos, en promedio, crecen las plantas mensualmente.

Para el análisis nutrimental se hacen revisiones dentro de la estación de muestreo y en los alrededores de ésta, ya que pueden presentarse manchones, como resultado de la deficiencia de algún nutrimento.

7.7 Manejo integrado de plagas, enfermedades y malezas en el cultivo

En comparación con otros cultivos regionales, son muchas las especies dañinas presentes que afectan las plantaciones comerciales de piña en México. Aun sin tener una estadística oficial confiable, se estima que por su causa se pierde cada año, en campo, alrededor del 25 % de la producción potencial (considerando sólo el factor sanitario), lo cual puede representar entre 150 mil y 250 mil toneladas de fruta fresca por año. Esto significa un promedio nacional de daños que oscila entre el 10 y el 40 %, con algunas áreas de escaso nivel tecnológico dentro de todas las regiones productoras, en donde las pérdidas alcanzan niveles de hasta 50 % o más. El dato de cuánta fruta se pierde, se desecha o se rechaza en poscosecha por problemas fitosanitarios (independientemente de los relacionados a forma, calidad e inocuidad) en los diferentes mercados destino, no se conoce, pero debe ser considerable.

No todos los daños provocados por estos organismos a la planta y al fruto de piña impactan de igual manera a los mercados destino. Por ejemplo, plagas que sólo dañan de manera superficial la epidermis del fruto, sin afectar su calidad interior, sólo son de impacto para el mercado de fruta fresca de exportación, donde cualquier imperfección equivale a desechar ese fruto afectado. Igual ocurre cuando el fruto está destinado para obtener sólo jugo, donde la forma, daños externos superficiales y algunos otros aspectos de calidad, pueden ser menos estrictos que cuando corresponde a fruta para elaborar rodajas en almíbar, donde el rendimiento de fábrica se ve afectado por esas múltiples variables asociadas al fruto.

La siguiente información corresponde al diagnóstico fitosanitario de las regiones productoras de piña: el Bajo Papaloapan (que incluye el sur de Veracruz y el norte de Oaxaca), "Los Robles" (en el centro de Veracruz) y La Chontalpa (al oeste de Tabasco), que realizó el INIFAP entre 2012 y 2013.

7.7.1 Incidencia y distribución de los organismos dañinos

La presencia de organismos dañinos ocurre en menor o mayor grado en prácticamente todas las regiones piñeras. Aun cuando existen diferencias notables entre regiones en cuanto a valores de humedad durante el año, temperaturas medias y absolutas, velocidades del viento y condiciones de suelo y topografía, ninguna puede ser considerada como causante del desarrollo o bloqueo específico de organismos dañinos en ellas. Todo indica que esas relativas diferencias edafoclimáticas entre regiones sólo brindan algunas condiciones (ligeramente mejores o peores) para la incidencia, dispersión, grado de infestación y daños causados por los diferentes agentes parasitológicos observados.

La amplia dispersión y presencia de los problemas fitosanitarios identificados en todas las regiones de interés puede explicarse por el histórico y constante intercambio de material vegetativo, maquinaria, equipo agropecuario, vehículos y personas (técnicos, productores y funcionarios), lo cual ha permitido que los problemas fitosanitarios se dispersen en las otras regiones, ya sea en los propios vástagos o adheridos a suelo, ropa, equipos o vehículos usados por las personas que acceden a las plantaciones. Las formas o estadios de cada tipo de organismo dañino, que sirve para su dispersión, es muy variable: esporas, micelios, huevecillos, larvas, ninfas, adultos, semillas, estolones, rizomas, entre otros.

El intercambio a nivel internacional (Costa Rica, Guatemala y Honduras); estatal (Tabasco, Oaxaca, Nayarit, Quintana Roo, Jalisco, entre otros); regional (entre la región Papaloapan, Los Robles y la de Martínez de la Torre, por ejemplo), y municipal, se ha incrementado en los últimos diez años, con motivo de la introducción, a México, de considerables cantidades de material vegetativo del híbrido MD2 de procedencia centroamericana.

Como ejemplo visible y reciente del flujo internacional de problemas fitosanitarios, está el caso de *Eragrostis ciliaris*, una nueva y perjudicial especie de maleza que, se sabe, se introdujo en alguno de los muchos lotes de MD2 importados de Guatemala, que ahora está ampliamente presente y dispersa en el Bajo Papaloapan, nombrada por los productores locales como zacate guatemalteco, en obvia alusión a su procedencia. Así también ocurrió con una especie de picudo negro no común en la región piñera, la cual fue detectada en algunos embarques de plantas importadas, que fueron tratados inmediatamente para eliminar posibles individuos vivos por lo que a la fecha, afortunadamente, no ha sido reportada su presencia en plantaciones comerciales de la región, debido posiblemente a que, si hubo escape de algunos individuos, éstos no prosperaron por las diferencias del clima entre su región de origen y las locales, o no encontraron pareja o manera de multiplicarse, y finalmente no se establecieron.

Desafortunadamente, la considerable dispersión y prácticamente libre intercambio de material vegetativo de MD2, entre productores, fincas y regiones piñeras de México, que se ha dado en la última década, ha provocado una casi uniforme presencia de los principales problemas fitosanitarios, en la mayoría de las regiones productoras de esta fruta, que adquirieron lotes de este material procedente de plantaciones infestadas e infectadas. El problema se dio, probablemente, por la irresponsabilidad de algunos involucrados en este proceso, ya que no en todos los casos el material vegetativo que se desplazó a otros lugares fue desinfestado y desinfectado como la ley obliga, llevando con ellos una amplia colección de plagas, enfermedades y malezas.

Sobre las repercusiones económicas por los daños causados por los organismos dañinos identificados, éstas son más notables en aquellas regiones, áreas o fincas donde el nivel tecnológico de manejo es más bajo o deficiente, no

necesariamente debido a factores medioambientales, sino atribuibles al manejo técnico-fitosanitario de las plantaciones.

Es necesario aceptar que algunas condiciones especiales, como puede ser la presencia de vegetación hospedera del coleóptero picudo negro o de aves como el pepe, pudieran ser una diferencia puntual, que aumenta la posibilidad de ataque. La presencia de ambas plagas en las tres regiones de estudio, están confirmadas en menor o mayor medida y, por lo tanto, su grado de daño e incidencia depende mucho de la presencia de árboles que permitan el establecimiento y desarrollo de bromelias nativas (hospederas naturales del picudo) y del anidamiento, o al menos el lugar de reposo y avistamiento, de posible comida de los pepes.

Condiciones de extrema humedad del suelo favorecen el desarrollo de hongos, bacterias, nemátodos y malezas; los períodos con pocas lluvias incrementan las poblaciones de ácaros en plantas y frutos, sinfílidos y comejenes en suelo. Condiciones climáticas que benefician a algunas especies dañinas inevitablemente perjudican a otras, aunque a varias parece serles indiferente. Sin embargo, el tener plantaciones viejas y abandonadas (reservorios de plagas, enfermedades y malezas) sin razón, dentro o cerca de las fincas, así como hacer un uso indiscriminado del control químico, puede romper el equilibrio ecológico y provocar infestaciones o infecciones anormales de manera ocasional o, peor aún, de manera permanente. Por eso es importante conocer la presencia y fluctuación de sus poblaciones a través del año, pero principalmente identificar el riesgo de infestación durante el ciclo del cultivo, para aplicar las medidas adecuadas para su control oportuno.

Las fluctuaciones de población, en la mayoría de especies dañinas durante el año, son notorias a nivel regional y su comportamiento es muy similar cuando se comparan entre las diferentes regiones piñeras. Tal vez difieran hasta en dos meses en su época de mayor o menor incidencia o también en la gravedad de los daños, pero siguen siendo los factores de manejo de las plantaciones nuevas, en producción y de desecho, las que finalmente determinan su establecimiento y desarrollo, más que los factores ambientales. Por ejemplo, en La Chontalpa, Tabasco, el período de lluvias es más abundante y prolongado que en las regiones piñeras de Los Robles y Papaloapan, en Veracruz, por lo que, el problema con los

nemátodos es potencialmente mayor, así como la incidencia de enfermedades en raíz, asociadas al ataque de ellos.

Este mismo comportamiento se presenta en plantaciones de regiones o localidades menos lluviosas, pero que tienen de manera puntual mal drenaje, excesivo riego o simplemente cuentan con más humedad, por ser terrenos bajos. Dicho en otras palabras, el problema de nemátodos y enfermedades de la raíz asociadas a ellos puede ser más grave en un piñal establecido en un lote con muy mal drenaje, en una localidad con menor precipitación, como Isla, Veracruz, que en una localidad donde llueve mucho más, pero donde el lote cuenta con el suficiente drenaje y medidas de control para evitar o reducir estos problemas oportunamente.

Los organismos perjudiciales y los daños que provocan en las plantaciones de piña son invariablemente mayores y más diversos en plantaciones que carecen de un programa de diagnóstico, monitoreo y seguimiento de ellos (con base a muestreos en campo, programados), que en aquellas en las que su control se diseña y realiza con base a los fundamentos técnicos que brinda un acertado diagnóstico de campo en cada una de las secciones y lotes de las plantaciones que comprende cada finca. También es frecuente que, por descuidos en el monitoreo fitosanitario o por la aplicación inoportuna o inadecuada de productos para el control de un organismo dañino, los niveles de daño se incrementen de manera repentina en algunos de los lotes que se descuidaron, o quizá en toda la finca, si el descuido fue mayor, lo cual no es raro que ocurra.

Para fines de control fitosanitario, es primordial el conocimiento detallado de los agentes dañinos presentes y otros potenciales, su interacción en tiempo y espacio, así como sus métodos de control integrado. Para obtenerlo, se debe recurrir a la capacitación y/o a una adecuada asesoría técnica.

En México, son las plagas, enfermedades y malezas las que más provocan fugas en la producción y calidad de la fruta de piña, y las que comprometen su inocuidad por el uso frecuente y, en ocasiones excesivo, de plaguicidas químicos y otros insumos para controlarlas durante el ciclo del cultivo (Rebolledo et al., 2011).

En el mundo se tienen identificadas 467 especies asociadas a las plantas de piña, de las cuales 213 son plagas y 254 enfermedades, pero si se agregan las 187 especies de malezas reportadas en el cultivo, entonces son un total de al menos 654 los posibles organismos que pueden afectar la producción y comercialización de

las cosechas de esta fruta. De las plagas, 210 especies pertenecen a la clase artrópoda y tres a la gasterópoda; de las enfermedades, 134 hongos, 22 bacterias, cuatro virus y 94 nemátodos. A esta lista deben agregarse animales superiores (vertebrados), como algunos reptiles, aves y mamíferos que pueden actuar en algunas regiones del mundo como plagas, por sus innegables daños provocados al cultivo. En África y Asia, los elefantes se reportan como uno de los principales problemas del cultivo, mientras que en Quintana Roo, México son los venados, tepezcuintes, mapaches, tejones, coapíes y otros miembros de la fauna local, muchos en peligro de extinción, los reportados como plagas ocasionales.

De acuerdo al diagnóstico fitosanitario del cultivo de la piña, realizado durante 2013 en las regiones productoras de mayor interés (Veracruz, Oaxaca y Tabasco), los problemas fitosanitarios actualmente presentes, y que implican daños económicos a las plantaciones y producción de piña, no son tan extensos como los cuantificados en la lista mundial, anteriormente señalada. En total, los mencionados o identificados en las encuestas-entrevistas y muestreos de campo son 65, donde: 25 son plagas; 25, enfermedades, y muchas malezas, siendo sólo alrededor de 15 las más problemáticas.

Es importante aclarar que muchos de los organismos presentes en las plantaciones de piña visitadas, aunque tal vez nocivos para las plantas, no pueden clasificarse como fitoparásitos, ya que todavía no han sido reportados como causales de daños, tal vez por ser estos menores o por desconocer su impacto real y síntomas. Algunos pocos, antes no conocidos o no registrados en la región, fueron reportados por técnicos y expertos como ya presentes en las regiones piñeras. Aunque como este reporte se hizo sólo mediante comentarios verbales, debe realizarse lo apropiado para verificar su ocurrencia.

Algo realmente grave sería que se introdujera a México la enfermedad conocida como fusariosis o “podredumbre de la piña”, causada por el hongo *Fusarium guttiforme* Nirenberg & O´Donnell (sinónimo: *Fusarium subglutinans* f. sp. ananas Ventura, Zambolim & Gilp). Esta enfermedad es considerada por los expertos como la mayor amenaza mundial para este cultivo, debido a lo devastador de sus daños y a la alta susceptibilidad que presentan las principales variedades comerciales utilizadas para todos los mercados, dentro de las que destacan Cayena

Lisa, Champaka y MD2, además de muchas consideradas criollas, como las cultivadas en México.

Afortunadamente no se tiene registro o aviso alguno de su presencia en las regiones piñeras del país y sólo está reportada y confinada a Brasil, Argentina, Bolivia, y últimamente –sin confirmar– en Venezuela. Sin embargo, existe un alto y potencial riesgo de que el inóculo traspase esas fronteras cuando personas adquieren plantas ornamentales de bromelias vivas, portadoras del hongo y las trasladan a países y regiones libres de la enfermedad. Esto provocaría quizá, la ruina casi inmediata de esta cadena productiva y de productores, técnicos, empresas y demás personas que tienen dependencia y relación comercial dentro del sistema-producto piña. Si esto ocurriera, tal vez en el largo plazo, el cultivo podría recuperar parte de su potencial perdido, pero se requerirá de un cambio de cultura, la introducción de variedades resistentes y tecnologías, así como de la capacitación tanto de productores como técnicos y empresas del sector.

Las siguientes, son las listas de organismos dañinos presentes en las regiones piñeras de la planicie costera del Golfo de México, priorizadas dentro de cada grupo, según órgano de la planta afectado por ellas. Debe notarse que algunas especies afectan varios órganos de las plantas de manera simultánea y sustantivamente diferente, por lo que se mencionan en más de un grupo, cuando es el caso. El diagnóstico de la problemática fitosanitaria descrita, priorizada y regionalizada así, permite definir las épocas y tiempos de mayor ocurrencia de los problemas fitosanitarios de la piña en esas regiones.

7.7.2 Plagas

Plagas del suelo. Están consideradas como las que mayores daños provocan al cultivo, tanto a nivel mundial, nacional, regional y local. Principalmente los nemátodos, seguido de los sinfílidos, que están presentes en todas las plantaciones evaluadas, durante todo el año y en cualquier estado fenológico del cultivo. Su nivel combinado de daño puede alcanzar hasta 40 % de la productividad del cultivo y su presencia abarca todas las regiones señaladas. La acidez del suelo y la falta de programas de control adecuado y oportuno es lo que más favorece y agudiza la presencia de estos organismos.

Los organismos-plaga del suelo, que dañan las raíces de la piña, son nemátodos, como *Pratylenchus* sp., *Meloidogyne* spp., *Helicotylenchus* sp., *Tylenchorhynchus* sp. y *Criconemoides* sp. Se tienen dos reportes informales a finales de 2013, de la presencia de *Rotylenchulus reniformis* en las regiones del Papaloapan (Isla-Playa Vicente) y Los Robles (Medellín de Bravo-Alvarado), especie considerada como la más perjudicial para piña. También están reportados los géneros *Tylenchorhynchus*, *Aphelenchus*, *Radopholus*, *Tylenchus*, *Psilenchus* y *Hoplolaimus*, pero su efecto negativo sobre piña no está del todo claro. Sinfílidos: *Scutigerella sakimurai* Scheller. Comején: *Gnathamitermes tubidormans* Buckley. Gallina ciega: *Phyllophaga* sp.

Los daños de nemátodos se concentran en las raíces subterráneas y adventicias, una vez que estas últimas hacen contacto con el suelo. Los sinfílidos tienen tal movilidad que pueden afectar a ambos tipos de raíces al mismo tiempo, aunque aparentemente prefieren las subterráneas, tal vez por ser fotosensibles. El comején y la gallina ciega también están presentes todo el año, pero tienen mayor ocurrencia en los terrenos asociados a ciertas condiciones de manejo del suelo, especialmente en donde los residuos de madera, pastos o heces de ganado no fueron debidamente incorporados y descompuestos. Al inicio, estos residuos les sirven de alimento, pero una vez agotados, los organismos invaden las raíces y base de las plantas, destruyéndolas progresivamente al alimentarse de ellas. En el caso del comején, se forman colonias que se dispersan conforme van agotando su fuente de alimento, invadiendo progresivamente plantas vecinas. En ambas condiciones, una vez parasitadas por estas plagas del suelo, las raíces y la base de las plantas, quedan muy menguadas en sus funciones de sostén, alimentación y abasto de agua.

Además de comprometer su desarrollo, la ineficiencia de las raíces parasitadas obliga al productor a utilizar cantidades mayores de fertilizantes químicos consideradas como adicionales, en lugar de las aplicadas bajo condiciones normales. Independientemente de que encarecen los costos de producción, estas aplicaciones extras incrementan el riesgo de cosechar frutos con alto contenido de nitratos. Para intentar evitarlos y lograr un mejor balance nutrimental, se tiene la necesidad de incluir en los programas de fertilización los microelementos (molibdeno, zinc, boro, entre ellos), que en condiciones normales

son abastecidos en suficiencia por el suelo. Así como ocurre con los fertilizantes, muchos insumos (nematicidas, funguicidas, hormonas, etc.) aplicados al suelo, quedan subutilizados por el bajo desempeño de las raíces.

Las condiciones de alta humedad en el suelo favorecen a las poblaciones de nemátodos fitoparásitos, por lo que una primera condición para su control es procurar a las raíces un ambiente libre de excesos, mediante la siembra de las plantas en camas de 110 a 120 cm de ancho, de 15 a 25 cm de alto y con un lomo de 80 cm, donde se establecen los vástagos en doble hilera a tresbolillo, y el trazo y construcción de un adecuado sistema de drenes en el terreno. Sin embargo, en la medida que la humedad del suelo se reduce, las poblaciones de sinfílidos se incrementan, principalmente en suelos arenosos, con gravilla, grietas, terrones y terromotes.

La asociación de las plagas del suelo con la incidencia de enfermedades fungosas en raíz y tallo son notables, por lo que, incluso, parte de la estrategia para controlar estas últimas, es reducir las poblaciones de estas plagas del suelo. Los organismos en referencia afectan la calidad, oportunidad e inocuidad de la fruta para todos los mercados.

Plagas en planta (tallo/hojas/vástagos). En general, los daños directos que estos fitoparásitos causan a los tallos, hojas y vástagos de las plantas de piña no se consideran graves, ya que sólo cuando sus poblaciones son realmente altas es que las plantas muestran síntomas de decaimiento, por la excesiva succión de jugos celulares (hechas por piojos harinosos, escamas y trips) y adicionalmente por la destrucción del tejido epitelial (por ácaros), según los hábitos de alimentación de la plaga. Están presentes en todas las plantaciones evaluadas, durante todo el año y en cualquier estado fenológico del cultivo, aunque en diferente cantidad y con diferente grado de daño, según condiciones de humedad y temperatura.

Los organismos considerados plagas en hojas, tallo y vástagos de la piña, son: Piojo harinoso (rosado y gris): *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) y *Dysmicoccus neobrevipes* Beardsley, transmisores de los virus de la marchitez PMWaV-1, PMWaV-2 y PMWaV-3. Hormigas: *Selenopsis geminata* Fabricius y *Pheidole megacephala* Fabricius, protectores y dispersores de piojos harinosos entre plantaciones, plantas y diferentes órganos de ellas. Ácaro rojo: *Dolichotetranichus floridanus* Banks. Ácaro blanco del fruto: *Steneotarsonemus ananas* (Tryon).

Escama: *Diapsis bromelia* (Kerner). Trips: *Thrips tabaci* (Linderman), transmisor del virus de la Marchitez del tomate (TSWV).

Los piojos harinosos, ácaros y escamas son diseminados, casi siempre, desde las plantaciones-vivero en las que los hijuelos cosechados vienen ya infestados con estas plagas, por falta de un adecuado tratamiento fitosanitario. La participación más importante en los daños de los piojos harinosos y trips es como portadores y transmisores de virus. Los primeros lo son de la denominada PMWaV (Marchitez por piojo harinoso de la piña asociada a virosis), la enfermedad más difundida en el mundo, y que en México afecta hasta en 20 % del rendimiento; una vez establecidos en campo, los piojos harinosos son principalmente dispersados a otras plantas por las hormigas, dentro y entre lotes de siembra. Cuando hay un mal control de sus poblaciones, los piojos, ácaros y escamas pueden parasitar los frutos y sus frutillos ya en la cosecha, por lo que son rechazados para los empaques en fresco (hasta el 10 %), perdiendo valor en el mercado.

Por otro lado, los trips trasmiten la virosis (TSWV), que está presente también en todas las regiones de estudio, pero su impacto es insignificante, seguramente porque en ellas no se cultiva hortalizas (hospederos principales), en superficies considerables y aledañas a las plantaciones de piña.

En el caso de los ácaros (rojos y blancos), aunque sus poblaciones son más bajas en las épocas de lluvia, los daños son más graves a causa de las heridas que provocan a las hojas en su superficie, principalmente en su base no clorofílica, por ser entrada a enfermedades fungosas y bacterianas; esto afecta más a las plantas jóvenes, recién sembradas y plagadas con estos organismos. En contraste, durante la época o períodos secos, sus poblaciones aumentan al máximo y con ello la pérdida de tejido conductor de savia en la base de las hojas dañadas, lo que hace que éstas pierdan turgencia, no reciban nutrimentos y su función fotosintética se reduzca significativamente. Estos daños pueden reducir hasta en un 20 % el rendimiento. Es necesario que las plantas estén libres de ácaros antes de iniciar su floración (natural o inducida), para evitar que la inflorescencia se infeste con ellos y sus frutillos sean infectados con hongos que afectarán la sanidad del fruto durante su cosecha, al desarrollar finalmente el problema llamado “ojo de gringa”, que no es más que el resultado del ataque de ácaros al interior de los frutillos afectados, los

cuales se infectan de varios hongos y se desecan, madurando antes de tiempo, por lo que adquieren un color más claro que el resto de frutillos no afectados.

Las escamas están más presentes en plantaciones con altas densidades de siembra, acahuales en segundas y terceras cosechas o en plantas con un excesivo sombreo, donde la humedad es mayor y la luminosidad más reducida. Los daños no son considerables, pero pueden comprometer la producción cuando sus poblaciones son elevadas o invaden inflorescencias y frutos para la exportación, afectando su aspecto, por lo que pierden valor.

Plagas en fruto. Están presentes en las tres regiones de estudio y son consideradas como las segundas en importancia por los daños que provocan al cultivo en su fase productiva. Su nivel combinado de daño puede afectar hasta 30 % de la cosecha, o más, cuando es un brote inesperado.

Las plagas comentadas en este grupo, que dañan al fruto de piña, son: barrenador del fruto (*Thecla basilides* Geyer), ácaro blanco del fruto (*Steneotarsonemus ananas* (Tryon)), grillo de campo (*Acheta assimilis* (F.)), elaphria (*Elaphria nucicolora* Gueneé), rata café o de campo (*Sigmodon hispidus* Say and Ord), picudo negro o mexicano de las bromelias (*Metamasius callizona* Chevrolat), piojo harinoso gris del fruto (*Dysmicoccus neobrevipes* Beardsley), tejedor (Posiblemente *Oligotoma humbertiana*, *O. nigra* y *O. saundersii*), caracol, babosa o 7 cueros (especie no identificada), urraca parda o pepe (*Cyanocorax morio* Wagler), mayatillo o escarabajo del fruto podrido (*Carpophilus hemipterus* L.), langosta (*Schistocerca piceifrons* Walker), escama (*Diapsis bromelia* Kerner).

Los daños más graves son los que afectan el interior de los frutos, provocados por el barrenador, picudo negro, ácaro blanco, roedores y el ave pepe, ya que se vuelven comercialmente inservibles. El daño del grillo de campo también es considerado grave y aun cuando sus puntos de alimentación son leves, es motivo de rechazo en fruta de exportación, mientras que en la fruta para el mercado nacional se aceptan, siempre y cuando no profundicen más allá del límite de la cáscara.

Otras plagas son el gusano elaphria, el molusco “siete cueros”, langostas y los mayatillos que afectan principalmente la parte superficial del fruto, en los puntos de unión de los frutillos, a veces en las coronas, lo que provoca heridas leves a intermedias que emiten gomas o resinas y que restan vista al producto, por lo que

invariablemente son rechazados por el mercado fresco de exportación y frecuentemente por el fresco nacional.

Aunque los daños directos que provocan el piojo harinoso, tejedor y escama en los frutos son menores con relación al rendimiento, su importancia radica en que la sola presencia de estas plagas (individuos vivos o muertos en los frutos) es motivo de rechazo por los mercados de fruta fresca más avanzados en sus procesos y estándares de calidad, como lo es el mercado de exportación. La agroindustria también los rechaza, ya que los estándares de calidad del producto final les impide que presenten restos de insectos más allá de ciertos límites.

Plantaciones de piña abandonadas, áreas con vegetación densa pero descuidadas, falta de monitoreo oportuno para detectar presencia o incremento de poblaciones de estas plagas, así como la no aplicación de programas de prevención y control de ellas, hacen que algunas plagas, como elaphria, el picudo negro o el grillo, como ejemplos, afecten en unos pocos días (a veces, en uno solo) hasta el 50 % de los frutos. Otras, como el piojo harinoso, ácaros, tejedor y escama tienen un período de infestación que seguramente inició desde la siembra o incluso antes, durante el desarrollo de los vástagos en la plantación que sirvió de vivero.

Acerca del "tejedor" de la piña, cuya presencia en las regiones piñeras ha cobrado importancia en los últimos años, con mayor gravedad para el mercado fresco de exportación, podemos comentar que aparentemente se trata de un insecto del orden embióptera, familia Oligotomidae, género *Oligotoma*. Están reportadas tres especies en México que son *Oligotoma humbertiana*, *O. nigra* y *O. saundersii*. Según las características del insecto observadas por el investigador, la última especie mencionada es la que más similitud tiene con los individuos encontrados en campos de piña. De acuerdo a los comentarios de un informante no oficial, las diferencias entre las especies mencionadas son netamente morfológicas a nivel del 8° y 9° esternitos abdominales y los cerci. Son los únicos insectos que tienen en los tarsos, glándulas productoras de seda. Son organismos considerados como cosmopolitas y de vida libre; suelen ser gregarios. Su alimentación no está reportada como grave entre las plantas donde se le ha encontrado, pero es importante evaluar su incidencia en el cultivo de piña, ya que su presencia, la de sus galerías de seda y desechos, son factor de rechazo de la fruta que los presenta en los empaques de exportación.

7.7.3 Enfermedades

Enfermedades de la raíz y tallo. Están consideradas, junto con las enfermedades del fruto, como causantes de daños graves a intermedios. Su nivel combinado de daño puede alcanzar hasta el 25 % de la productividad del cultivo y su presencia abarca todas las regiones señaladas. Sin excepción, todas están asociadas a la presencia de las principales plagas del suelo, como los nemátodos, sinfílidos, comején y gallina ciega, mencionados anteriormente, que provocan daños directos a las raíces de la piña, heridas que se convierten en la principal vía de entrada para estos patógenos.

Los microorganismos dañinos que provocan las enfermedades que afectan las raíces de la piña, son: pudrición del cogollo (*Phytophthora nicotianae* Breda de Haan var. *parasitica* Dast. Waterh), pudrición negra del tallo (*Thielaviopsis paradoxa* o *Ceratocystis paradoxa* (De Seynes) Höhn), pudrición bacterial del cogollo (*Erwinia chrysanthemi* Burkh), pudrición del cogollo y raíz (*Phytophthora cinnamomi* Rands), pudrición de raíz o muerte descendente (*Fusarium oxysporum*) y pudrición de raíz (*Pythium arrhenomanes* Drechs).

Las condiciones de humedad excesiva en el suelo por falta de camas de siembra elevadas y drenes, generan la muerte de raíces por asfixia, y también en esos puntos se abre la entrada a los hongos fitoparásitos. Así también, condiciones de poca acidez del suelo (pH ≥ 5.5 o 6.0), provocada por un sobreencalado, favorece y agudiza la presencia de estos microorganismos.

Por otra parte, el uso de material vegetativo infestado con ácaros y piojo harinoso, implica altos riesgos de infección, debido a que los daños que éstos provocan en las partes tiernas de las hojas y raíces son punto de entrada para bacterias y hongos. También el excesivo almacenamiento del material de siembra, más aún cuando está infestado de las plagas anteriores, apilado sobre el suelo, expuesto a lluvias, calores y demás inclemencias del clima casi aseguran la infección de los vástagos y coronas así manejadas.

Prácticas como un control manual (con tarpala o azadón) de malezas, muy agresivas, pueden provocar daños físicos, causando heridas abiertas a raíces y tallos de plantas; la colocación de maleza con restos de suelo sobre las plantas para su más pronta desecación, el paso constante de personal dentro de los piñales y los daños por quemaduras que provocan las aplicaciones muy concentradas de

agroquímicos y fertilizantes, son causales de una segura infección y diseminación de los problemas por pudrición. Por ello, los programas de control para estos micro-organismos deben considerar, sin excepción, a todos aquellos factores o actividades que infrinjan daños al sistema, los fomenten y agraven.

Enfermedades sistémicas y generales de las plantas. Son provocadas por virus y transmitidas por los piojos harinosos y trips. La marchitez por piojo harinoso de la piña asociada a virosis (PMWaV1, PMWaV-2 y PMWaV-3), conocida también como marchitez roja de la piña, es la enfermedad más difundida en el mundo. En México, PMWaV1 y PMWaV-3 afectan hasta en 20 % el rendimiento (Ochoa-Martínez, Uriza-Ávila, Rojas-Martínez, & Rodríguez-Martínez, 2016), por lo que debe considerársele grave, aunque ya no en el grado en que estaba hace 15 años, indudablemente por un mayor conocimiento para su manejo por parte de los productores y técnicos regionales. Su control debe incluir el de las hormigas de los géneros *Selenopsis geminata* Fabricius y *Pheidole megacephala* Fabricius, principales dispersoras de ellos a otras plantas vecinas, lotes, plantaciones y fincas, aunque el principal dispersor es el hombre, mediante la movilización de material vegetativo infestado. Por otro lado, la marchitez manchada del tomate o virus del bronceado del tomate (TSWV) que transmiten los trips (*Thrips tabaci* (Linderman) y *Frankliniella* sp.), también presente en todas las regiones de estudio, afortunadamente tiene un impacto, hasta ahora, insignificante, tal vez por la falta de cultivos extensivos de hortalizas portadoras.

Enfermedades del follaje. Están consideradas como las que menos daños provocan al cultivo. En el caso de la viruela o mancha de la hoja, su impacto en el rendimiento y calidad de la piña no se ha evaluado a detalle. Su presencia está confirmada, visualmente, en todas las regiones piñeras de México. Los daños se concentran en las hojas medias y bajas, que van llenándose de pequeñas manchas circulares, que cuando son abundantes, reducen la capacidad fotosintética de la hoja afectada. Estas manchas no se presentan en las hojas de las coronas de los frutos ni en la superficie de estos. A la fecha, aún se tiene incertidumbre sobre cuál es su agente causal, ya que, aunque SENASICA, en 2012, diagnosticó que es el hongo *Curvularia eragrostidis*, esto no se confirmó mediante los postulados de Koch, por lo que hace falta hacerlo. Tampoco se han probado métodos de control para este hongo ni se han encontrado en la literatura mundial.

En contraparte, el hongo que provoca la denominada mancha blanca de la hoja (*Thielaviopsis paradoxa* o *Ceratocystis paradoxa* (De Seynes) Höhn) está plenamente identificado, pero la enfermedad no representa un problema serio, ya que sólo se restringe a unas pocas hojas dañadas por planta, en donde las heridas causadas por la fricción entre ellas a causa de los fuertes vientos del Norte, se infectan y sólo provocan la muerte de medianas porciones de las hojas afectadas, por lo que su control resulta aparentemente innecesario.

Enfermedades del fruto. Están consideradas, junto con las enfermedades de la raíz y tallo, como causantes de daños graves a intermedios. Su presencia abarca todas las regiones, y su efecto combinado puede reducir hasta el 25 % de la productividad del cultivo, a pesar de que en ocasiones, y sólo como ejemplo, los frutos afectados por la enfermedad denominada "ojo de gringa" (asociación ácaro-hongos) pueden ser de hasta 50 %, principalmente entre los meses de septiembre a noviembre, aunque el daño (infección del hongo por los ácaros, que la transportan) se provocó durante la época más seca del año (marzo-mayo). Estos problemas de frutos, en general, afectan la proveeduría a todos los mercados, ya que en su mayoría éstos se tornan inservibles para su consumo, una vez afectados.

Los microorganismos dañinos directamente causales de las enfermedades en frutos de piña, son: pudrición blanda o ámpula acuosa del fruto (*Thielaviopsis paradoxa* o *Ceratocystis paradoxa* (De Seynes) Höhn), pudrición del corazón del frutillo (FCR) u "ojo de gringa" (*Penicillium funiculosum* Thom y *Fusarium moniliforme* Sheld), frutillos "cuerudos" (LP) (*Penicillium funiculosum* Thom), inter-frutillos corchosos (*Penicillium funiculosum* Thom), pudrición de fruto (*Fusarium subglutinans*, *Fusarium verticilloides* y *Fusarium oxysporum*), pudrición del "fruto verde" (*Phytophthora cinnamomi* Rands), pudrición o colapso bacterial del fruto (*Erwinia chrysanthemi* Burkh), pudrición del fruto por levaduras (*Saccharomyces* spp.), fruto jaspeado (*Erwinia herbicola* var. *ananas* (Serrano) Dye y *Acetobacter peroxydans* Visser´t Hopft), pudrición bacterial café del fruto (*Erwinia ananas* pv. *ananas* Serrano), pudrición suave del fruto (*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* (Jones) Bergey et al.), fruto rosado (*Acetobacter* spp., *A. peroxydans* Visser't Hooft, *Erwinia herbicola* var. *ananas* (Serrano) Dye.) y mancha café del fruto (desorden fisiológico).

Todas estas enfermedades están asociadas a causas o factores que afectan los tejidos externos o internos del fruto, en etapas muy tempranas, intermedias o tardías de su desarrollo, incluso por su inadecuado manejo en pre y poscosecha. Estas causas pueden ser: plagas (ácaros, barrenadores, grillos, elaphria, picudos, caracoles, roedores, langostas, etc.); quemaduras o heridas por agroquímicos, aplicados en soluciones líquidas o formulaciones sólidas muy concentradas; daños a la epidermis del fruto o su interior, por condiciones climáticas extremas, como radiación intensa, vientos fuertes y secos, cambios bruscos de temperatura y humedad por lluvias o riegos durante períodos secos; daños mecánicos por movimientos bruscos o indebidos durante las labores en campo, como el tapado de fruto con rafia y hojas de piña, durante el monitoreo para conocer su grado de maduración o durante la cosecha y su manejo poscosecha, donde el fruto o corona pueden sufrir golpes, ralladuras o heridas, las cuales son la vía de entrada de los hongos y bacterias causales de las enfermedades.

Imprudencias como la indebida colocación de restos de maleza y suelo sobre las plantas –ya con frutos en desarrollo– para lograr su más pronta desecación, y el uso de agua de arroyos, lagunas y embalses, generalmente contaminada con inóculo de estos hongos y bacterias dañinos, también incrementan la posibilidad de que estos microorganismos dañinos ingresen al interior de los frutillos.

Una malformación común en frutos de piña que se cosechan durante los meses de septiembre a diciembre, en el Bajo Papaloapan, es la reducción anormal del diámetro del fruto en alguna parte de su longitud, a manera de cintura o cuello estrecho, que puede presentarse en el tercio superior, medio o basal, según haya sido la fecha del evento que provocó la malformación. Los frutos resultado de esta alteración, son semejantes a los bules o a un clásico muñeco de nieve, por semejar dos bolas, una encima de la otra. Esta malformación se debe a las quemaduras que sufren los tejidos de las pequeñas inflorescencias, cuando apenas emergen de la roseta o centro de las plantas, provocadas por el agua –en extremo caliente y cercana a la temperatura de evaporación– que escurre por las hojas de la planta y que se concentra en la parte central o cogollo (donde está ubicada la inflorescencia), cuando durante un día especialmente caluroso y seco, ocurre una lluvia aislada, cuyas gotas que no fueron evaporadas, recogen todo el calor acumulado en la superficie de las hojas (que están muy calientes, por su exposición

directa al sol) y lo transfieren al tejido de la inflorescencia con el que hacen contacto directo.

El nivel del daño coincide con el punto de contacto de la inflorescencia con el agua –en extremo caliente– y depende de su grado de emergencia, desarrollo y tamaño de la misma. Esta agua que acumuló calor en su recorrido, desde que cayó en las hojas hasta llegar a la inflorescencia en desarrollo, daña y cuece los tejidos en el círculo de contacto, alrededor de dicha estructura floral, impidiendo su desarrollo normal. Algunas veces, además de la quemadura de los tejidos, ocurre también una infección por microorganismos a través de las heridas y conductos de las flores individuales, que resulta en síntomas muy similares al denominado "ojo de gringa", infección que se da por las simples diferenciales de presión que introducen esporas de los hongos al interior de los ovarios de los frutillos, las cuales se desarrollan cuando el contenido de azúcares se incrementa, a medida que avanza su maduración. Los frutos afectados tienen escaso valor comercial y sólo pueden ser utilizados para mercados residuales locales.

Es importante resaltar que el uso de la malla-sombra, colocada por encima de las planta y frutos, antes y durante el desarrollo de estos últimos, logra la disminución de entre 2 y 8 °C en ese microambiente protegido, lo que reduce estos drásticos cambios térmicos y, por lo tanto, el porcentaje y grado de los daños se reduce drásticamente al punto de no presentarse frutos con este problema, en contraste con frutos descubiertos o protegidos con métodos convencionales (papel periódico, zacates y rafia-hojas), que no garantizan una disminución adecuada de la temperatura del fruto, donde ocurren hasta un 15 a 20 % de "frutos bules". En ocasiones, esta significativa reducción de los daños justifica el costo de la malla-sombra, en una sola "puesta".

En un estudio realizado por Sánchez (2013), fueron encontradas en la región de Isla, Veracruz, las especies *F. subglutinans*, *F. verticilloides* (sinónimo: *F. moniliforme*) y *F. oxysporum*, atacando frutos de piña del híbrido MD2 para exportación. Los frutos afectados por estas especies, presentan inicialmente pequeñas manchas irregulares de color café claro en la superficie del pericarpio (tejido interno de los frutillos), las cuales van agrandándose a medida que avanza la enfermedad hasta tornarse de color café oscuro. En las áreas alrededor de las manchas, el tejido necrosado aumenta y adquiere una consistencia flácida y

húmeda, pudiendo ser superficial o llegar hasta el centro del fruto, provocando flacidez y decoloración de los tejidos.

Conforme la mancha avanza y se extiende, en la pulpa se puede observar una clara maceración de los tejidos. En esos tejidos afectados, se puede desarrollar micelio de color blanco a rosa pálido. El imazalil, procloraz, tiabendazol y trifloxistrobin, resultaron los ingredientes activos que mejor control tuvieron sobre la inhibición de micelio en pruebas *in vitro*, aunque no necesariamente están autorizados para su aplicación en piña en México y EUA, por lo que su uso deberá restringirse (de no estarlo). Es importante resaltar que los programas de control para estos microorganismos que afectan al fruto, deben incluir la eliminación o reducción de todos los factores que infrinjan daños físicos a las partes susceptibles del fruto (Sánchez, 2013).

7.7.4 Malezas

Las malezas más importantes, por dificultad de control y persistencia en el cultivo de piña en el Bajo Papaloapan y La Chontalpa, son: zacate guatemala o caracolillo (*Eragrostis ciliaris*), coquillo (*Cyperus esculentus* L.), bejuco de tuza (*Ipomoea* spp.), zacate peludo (*Rottboellia cochinchinensis*), zacate bermuda o pelo de conejo (*Cynodon dactylon*), zacate grama (*Digitaria sanguinalis*), zacate johnson (*Sorghum halepense*), zacate privilegio (*Panicum maximun* Jacq.), zacate de agua (*Echinochloa crus-galli*), hierba peluda (*Ageratum tomentosum*), quelites (*Amaranthus* spp), pata de gallo (*Panicum fasciculatum*), zacate pelo de conejo (*Digitaria ciliaris* (Retz) Coehler.), dormilona o vergonzosa (*Mimosa albida* (H.B.), arrocillo (*Echinochloa colonum*) y una maleza sin nombre común (*Crusea longiflora*).

Las malezas están consideradas como un parásito más por reducir el crecimiento y desarrollo de las plantas de piña y servir de hospederas a muchas plagas y enfermedades, sobre todo cuando no se controlan a tiempo en nuevas plantillas, socas, resocas y acahuales para la producción de material vegetativo, pero también en plantaciones viejas y abandonadas, donde se multiplican de manera incontrolada, junto con otros organismos dañinos asociados a ellas. También, porque los herbicidas que se utilizan de manera convencional para su control químico, provocan la intoxicación de las plantas de piña por su inadecuada aplicación, lo cual puede desuniformizar el tamaño y ritmo de crecimiento de las

plantas en las plantaciones afectadas y atrasar su ciclo de cultivo, hasta en cuatro meses.

Asimismo, muchas malezas escapan a estos tratamientos, por lo que permanecen y se desarrollan dentro de las plantaciones y caminos internos y periféricos, contaminando vástagos, frutos y coronas con semillas o partes vegetativas que están catalogadas como cuarentenadas –para países a donde se exporta fruta fresca–, lo que implica restricciones para su tránsito, en caso de detectarse evidencias de su presencia, en los embarques enviados. De confirmarse esta contaminación biológica, puede significar la pérdida de millones de pesos y la cancelación de permisos de exportación para las empresas involucradas, con riesgo de vetar, incluso, al país de origen, si el problema lo amerita.

Su dispersión se da mayormente por el irresponsable tránsito de material vegetativo para nuevas plantaciones, desde el nivel local hasta el internacional. Ejemplo de esto es la presencia ya confirmada del zacate guatemala o caracolillo (*Eragrostis ciliaris*), presuntamente traído de Guatemala en los últimos embarques de vástagos del híbrido MD2, importados de dicho país a mediados de la primera década del presente siglo.

Afortunadamente, se tienen mejores alternativas que el control químico o manual, ya que bajo un manejo de las plantaciones en ambiente protegido, que utiliza el acolchado plástico total, el problema con las malezas, principalmente las clasificadas como las más persistentes, y el uso de herbicidas sintéticos, se reduce en, al menos, un 95 %.

7.7.5 Tecnología disponible para el manejo fitosanitario integrado de piña

Es una realidad que para el manejo fitosanitario de la piña en México, se utilizan principalmente plaguicidas químicos-sintéticos y sólo algunos de origen biológico u orgánico (Anexo 4). La razón de no incluir en esta lista ingredientes activos de estos dos últimos tipos (y sí muchos del primero), es que no se tienen disponibles reportes técnico-científicos oficiales de su efectividad y permisos oficiales para su uso en el control de un determinado organismo dañino, específicamente en este cultivo. Casi todos ellos basan la argumentación de su efectividad con afirmaciones o incluso suposiciones, de las propias empresas fabricantes, sus representantes y

distribuidores regionales, o bien en testimonios de productores y técnicos que aseveran –pero sin rigurosos protocolos y evaluaciones científicas que lo avalen– haberlos utilizado con éxito. Por ello, se sugiere a productores y técnicos responsables de las plantaciones en campo, que sólo utilicen aquellos productos a los que se les han practicado, de manera oficial, las pruebas de efectividad biológica, en donde quede demostrado su efecto deseado (como plaguicida, nutriente, hormonal, etc.). No se debe arriesgar el patrimonio de los productores con productos que no hayan demostrado de manera científica su eficacia ni tampoco arriesgar la salud del consumidor cuando no se sabe si el uso de alguno de esos productos deja residuos indeseables en el fruto.

La inocuidad de las piñas es un objetivo muy deseado por todo productor y empresa procesadora y exportadora en fresco, por ello, uno de los principales problemas que es necesario evitar, es la presencia indebida de residuos químicos de productos no autorizados en el fruto o de aquellos que, aun cuando sí están autorizados, rebasen los límites permitidos en fruta, y con ello violen la normatividad establecida. Esto es válido ya sea para fruta en fresco o procesada, en cualquiera de sus opciones, tanto en México como en los países importadores de nuestra piña, principalmente EUA.

De acuerdo a experiencias que los productores y técnicos responsables de la fitosanidad de las plantaciones de piña (tanto para el mercado nacional, proceso industrial y exportación en fresco) han tenido con el uso del acolchado plástico total y la malla-sombra, cuando el cultivo se maneja bajo ambiente protegido, la presencia, comportamiento y manejo de los organismos dañinos son diferentes, que cuando los piñales se manejan a suelo desnudo y cielo abierto. Esto debido, principalmente, a la protección que ambos recursos técnicos brindan a los productos e ingredientes activos aplicados para el control fitosanitario, contra su arrastre por fuertes lluvias o riegos, fotodegradación, mejores y más estables condiciones de humedad y temperatura para actuar y desempeñarse, pero también porque constituyen una barrera física para muchas plagas, enfermedades y malezas.

En primer lugar, el acolchado plástico total impide que nemátodos, hongos y bacterias sean diseminados dentro y entre las plantaciones por los trabajadores al caminar entre ellas, pues el terreno queda aislado y no se contamina con los restos

de suelo que traen en los pies y que contienen esos organismos dañinos; así, las áreas con este tipo de problemas quedan un tanto aisladas del resto, lo que facilita su control.

En el caso de la malla-sombra, colocada normalmente sobre el dosel de las plantas y amarrada desde abajo, al nivel del suelo para cubrir totalmente las melgas de producción, funciona como una frontera difícil de penetrar en el caso de insectos invasores (thecla, grillos, elaphria, picudo, langosta, mayates, etc.), pájaros e incluso animales mayores como bovinos, coyotes y otra fauna silvestre que gusta de comer piña cuando ésta se encuentra en estados de madurez atractiva. Probablemente, plagas como las escamas, el siete cueros y el tejedor, por preferir ambientes más sombríos y húmedos, pueden prosperar mejor bajo la malla-sombra; sin embargo, el mejor desempeño y eficiencia que se logra con los productos aplicados para su control (aunque no vayan dirigidos específicamente para ellos), hace que sus poblaciones sean menores que cuando las plantaciones se manejan sin malla-sombra o se utilizan métodos convencionales para la protección del fruto, los cuales, al cubrir el fruto y su base con periódico, zacates o con las mismas hojas de la planta amarradas alrededor de cada piña con rafia plástica, impiden que los ingredientes activos de los productos aplicados para su control lleguen a las partes donde estas plagas se hospedan y resguardan, por lo que sus poblaciones no son controladas como los programas fitosanitarios lo exigen.

Por esa razón, el uso de productos dirigidos al control de organismos dañinos en el cultivo, manejado bajo ambiente protegido, se reduce hasta en 40 %, en comparación con el manejo convencional del sistema hawaiano, a suelo desnudo y cielo abierto, con sus benéficas implicaciones en la inocuidad de la fruta y una menor contaminación del medio ambiente local.

La gama de opciones de ingredientes activos (i.a.) con que cuenta el productor piñero en el país, es muy reducida, más aún para los que se especializan en la exportación de fruta en fresco (99 % a EUA), pues las opciones son todavía, menores. Hay ingredientes activos autorizados oficialmente en México que no lo están en ese país, por lo que la fruta que haya recibido aplicaciones con ellos sólo podrá comercializase en el interior de nuestro país. Asimismo, existen ingredientes activos autorizados en aquel país, para piña, pero que no cuentan con registro en México, por lo que no pueden ser usados para este cultivo, aunque la fruta pretenda

ser enviada a EUA, por lo tanto, sólo aquellos ingredientes activos que estén autorizados en ambos países podrán ser utilizados en las regiones piñeras de México para fruta de exportación a EUA, ya sea en fresco o procesada.

Por ello es de suma importancia que, antes de utilizar algún ingrediente activo, se verifique primero la vigencia actualizada de su registro en piña, en México y EUA, según sea el destino de la cosecha. También se debe asegurar y verificar qué organismos dañinos controla, así como las dosis, oportunidad y método de aplicación, según lo indicado en la etiqueta y ficha técnica del producto, ya sea con un representante autorizado de la empresa fabricante o con su asesor técnico de confianza, quienes deberán de indicar todos los detalles para su uso, desde el pH idóneo del agua para preparar la mezcla, como las mejores condiciones del cultivo, ambientales y de seguridad, para aplicarlos de la manera más eficiente y aprovechar su potencial al máximo.

Los ingredientes activos de origen sintético (químico) que están autorizados en piña y que tienen establecidos límites máximos de residuos (LMR) tanto por las autoridades de México (SAGARPA – SENASICA - COFEPRIS) como de EUA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América-EPA), principal importador de nuestra piña, son señalados a continuación y descritos en sus principales características en el Anexo 4, de acuerdo a su función principal.

Es importante que los productores, técnicos y responsables de la comercialización de la fruta, ya sea procesada o en fresco de exportación, estén continuamente informados y consideren que las autorizaciones acerca del uso de ingredientes activos tanto en México como en EUA, cambian frecuentemente, ya sea que algunos son restringidos por sus efectos sobre la salud y ecología, mientras que otros nuevos se agregan por sus ventajas o mejores características de uso; incluso, sus tolerancias (*límite máximo de residuos* o LMR) pueden reducir, lo que implica un mayor cuidado en su aplicación (dosis y frecuencias), para no excederlas. Es también frecuente que algunos clientes destacados de EUA, decidan excluir el uso de alguno o algunos ingredientes activos (i.a.) por decisión propia (quizás por atención a sus clientes), aun cuando cuenten con el debido permiso, lo que deberá considerarse si es o no posible, para suprimirlos de los programas fitosanitarios de la empresa.

Insecticidas químicos. Según la información disponible, sólo Carbaril, Diazinón, Malatión y Spinosad son los únicos ingredientes activos que pueden ser utilizados para exportar fruta hacia EUA, ya que cuentan con registro tanto en México como en EUA, a diferencia del resto, que cuenta con permiso en sólo uno de ellos. Independientemente de ello, es importante señalar que la mayoría de los ingredientes activos mencionados controlan las poblaciones de varias plagas, aunque eso no esté mencionado en las indicaciones de sus respectivas etiquetas, por lo que cada productor o técnico debe observar –mediante muestreos fitosanitarios en campo– el comportamiento de estos organismos dañinos, antes y después de las aplicaciones de los productos. Sin embargo, las aplicaciones sólo serán eficientes cuando se apliquen en el horario, parte de la planta, método y dosis adecuada, ya que las condiciones óptimas para algunas no siempre coinciden con las de las otras. Este control debe fundamentarse en el uso de productos y prácticas que permitan afectar y disminuir al máximo las poblaciones de las varias especies interrelacionadas, con características comunes y ambientes similares, para lograr la integralidad de los programas. En lo posible, se debe dar preferencia a aquellos ingredientes activos que logran el control de más de una plaga, para aprovechar su potencial de control de ellas.

Las infestaciones por plagas en piña inician desde los viveros o inclusive desde mucho antes, y aunque sean adecuadamente atendidas, aparentemente no terminan de ser un riesgo hasta que el acahual es desechado –en el mejor de los casos– después de al menos dos cosechas continuas y exitosas de fruto y vástagos. Este resultado, muy deseable, se torna improbable cuando no se procede a manejarlas adecuadamente desde un inicio del ciclo. También se debe tener presente que muchas plagas tienen un efecto indirecto sobre algunas de las enfermedades más importantes del fruto o de la planta en general, por lo que no deben desligarse para su control integrado.

Nematicidas-insecticidas químicos. De acuerdo a la revisión, el Oxamil (Oxamilo) es en la actualidad, el único i.a. de origen químico autorizado, tanto en México como EUA, para el manejo y control de nemátodos fitopatógenos en piña de exportación. En México, pero no en EUA, están autorizados Etoprofos (10 y 15 % Granulado) y Fenamifos (10 % GR, 40 % EC y 24 % CS) para producir fruta de piña

destinada exclusivamente para el mercado nacional, ya que en EUA perdieron su registro en 2009 y 2013, respectivamente.

Para lograr un control integrado, no solamente químico, de estos fitoparásitos, se debe considerar: un aumento en materia orgánica del suelo; mantener un pH entre 5.0 y 5.5 (mediante la aplicación de cal dolomítica); cultivar e incorporar *Crotalaria juncea* como abono verde (reduce en 60 % poblaciones de nemátodos fitoparásitos), así como garantizar excelentes condiciones de drenaje, interno y superficial. Se debe tener presente que los daños que estos fitopatógenos causan son los principales coadyuvantes para el desarrollo de enfermedades de la raíz y tallo. Se tiene evidencia que Etoprofos y Oxamil también controlan, al menos parcialmente, poblaciones de sinfílidos (*Scutigerella sakimurai* Scheller), comején (*Gnathamitermes tubidormans* Buckley) y gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) que atacan las raíces de piña. Debido a que existen bacterias y hongos del suelo que degradan de manera preferencial nematicidas de un grupo, que de otro, lo mejor es utilizar carbamatos y organofosforados, de manera alterna, en las aplicaciones.

Fungicidas químicos. Los únicos ingredientes activos autorizados que pueden utilizarse para resolver los problemas relacionados con hongos, en campo y empaque, en piña de exportación, son: Triadimefon, Metalaxil, Triflumizole, Fosetil-al y Propiconazol.

Para los problemas fúngicos enumerados que afectan al fruto, el efecto de las alternativas químicas de control resulta incierto, ya que su origen –de la mayoría– es causado principalmente por la infección de los frutillos, provocada por ácaros y piojos harinosos, así como por el daño causado en frutos por barrenadores (barrenador del fruto, picudo negro) y raspadores (Elaphria, grillos, mayatillos, etc.) y otros tipos de organismos dañinos que se alimentan del fruto en sus diferentes estadíos, por lo que las aplicaciones de fungicidas, ya sean preventivas o curativas para controlar a estos microorganismos son difíciles e ineficientes. Por ello, su control debe basarse en evitar que el patógeno encuentre heridas o vías de entrada a los frutos, sea por plagas, manejo agronómico o condiciones ambientales extremas, en sus diferentes etapas de desarrollo. Así también, es importante considerar que la mayoría de las enfermedades fungosas del suelo tienen mucha relación con plagas que proporcionan entradas a estos patógenos, por lo que su control reducirá sin duda, la presencia y magnitud de las primeras. Así, por ejemplo,

la pudrición del cogollo (*Phytophthora nicotianae* Breda de Haan var. *parasitica* Dast. Waterh) y la pudrición negra del tallo (*Thielaviopsis paradoxa* o *Ceratocystis paradoxa* (De Seynes) Höhn), están relacionadas con ataque de ácaros; la pudrición del cogollo y raíz (*Phytophthora cinnamomi* Rands), la pudrición de raíz (*Pythium arrhenomanes* Drechs) y la pudrición de raíz o muerte descendente (*Fusarium oxysporum*), a los ataques de nemátodos, sinfílidos, comején y gallina ciega.

Bactericidas químicos. No hay un solo i.a. autorizado oficialmente por México y EUA para tratar de resolver problemas bacteriales en plantas y frutos de piña, ya sea para fruta de consumo nacional o para exportación en fresco. Por tanto, su control debe basarse en evitar que estos patógenos encuentren heridas o vías de entrada en las hojas y frutos de las plantas. Su presencia se asocia a excesos de nitrógeno, por lo que los cultivos sobrenitrogenados son más susceptibles a ser atacados, ya que las hojas de las plantas se tornan muy blandas de su epidermis al sustituir calcio por compuestos nitrogenados en sus paredes celulares (lo que permite la infección); mientras que el nitrógeno sobreacumulado en los tejidos les permite multiplicarse rápidamente, por lo que en plantaciones con declarado ataque de bacterias no deben aplicarse fertilizantes nitrogenados ni otros productos que lo contengan, como los aminoácidos y melaza, entre otros, para no favorecer su multiplicación. Esto ocurre frecuentemente en plantaciones de MD2 durante el invierno, cuando muchos productores tratan de evitar (sobrenitrogenando las plantas) la presencia de floraciones naturales, propias de esa época. Cayena Lisa parece ser menos susceptible a esta enfermedad. Su control debe ser integral, partiendo de no sobredosificar con N, no provocar heridas en las hojas y tallos ni introducir inóculo de otros lotes ya infectados.

Herbicidas químicos. Son sólo cuatro ingredientes activos los autorizados en México y EUA para piña de exportación: Bromacil, Diuron, Ametrina y Paraquat.

Para plantaciones a suelo desnudo, Rebolledo et al. (2011) sugieren para el control de malezas, durante el inicio del ciclo de piña, la aplicación de Bromacil y Diuron (2.0 kg + 2.0 kg por hectárea, respectivamente), complementadas con sus correspondientes deshierbes manuales dos o tres meses después para eliminar las malezas que escaparon a dichos tratamientos. La primera aplicación se realiza inmediatamente después de la siembra, antes de que los vástagos emitan sus raíces; la segunda, dirigida al suelo, se efectúa entre el sexto y el octavo mes

después de la siembra, antes de que la plantación cubra totalmente la superficie del terreno. Con las primeras alternativas es prácticamente imposible el control de malezas, por lo que debe recurrirse a prácticas adicionales encaminadas a reducir poblaciones y evitar su diseminación dentro de las fincas.

En la actualidad, la mejor alternativa es recurrir al uso del acolchado plástico total, de color negro y calibre 150, con el cual, además de controlar casi el total de malezas difíciles, se evita la intoxicación de las plantaciones por efecto de los herbicidas químicos que se aplican de manera tradicional. Las malezas en los caminos intermelgas (11 % de superficie, por cada 1.0 ha efectiva de piña), se controlan con chapeadora o bien, con los herbicidas antes mencionados. Cuando emergen ocasionalmente malezas entre el acolchado plástico y la base de algunas plantas, generalmente cuando se perforó en demasía la película, lo mejor es arrancarlas manualmente y dejarlas en el fondo de las camas, sobre la película plástica, para que se sequen.

Cuando las piñas no sean destinadas a la exportación en fresco, el uso del herbicida graminicida Haloxifop R-metil éster 12 %, representa una excelente alternativa para el control de zacates, pastos y especies relacionadas; en combinación con Ametrina o Atrazina, puede resolver, en gran parte, el problema de infestaciones tardías en piñales, ya en franco desarrollo o, incluso, en su etapa de producción de vástagos, al final del ciclo productivo.

Rodenticidas químicos. Son varios los autorizados, pero se debe seleccionar el que se adecué a las normas vigentes sugeridas por la SAGARPA en la región, además que sea específico para la rata café o de campo (*Sigmodon hispidus* Say and Ord). Se debe tratar de recolectar la mayor parte posible de cadáveres de ratas que queden expuestos, para evitar que sean consumidos por aves de rapiña, culebras u otros animales, porque seguramente también morirán envenenados. Bajo ninguna circunstancia se deben usar venenos para otros mamíferos que también consumen piña, como tlacuaches, coapíes, mapaches, tepezcuintes y coyotes y otros animales, incluidos venados, lo mejor son trampas permitidas por las normas vigentes para este tipo de fauna. Lo mismo aplica para las aves, como la urraca parda o pepe (*Cyanocorax morio* Wagler), cuyo control debe basarse en el uso de malla-sombra, más que en un control químico o con trampas mortales.

7.8 Control de la floración y madurez del fruto de piña

Antes de establecer una plantación comercial de piña, es necesario tener bien definido cuál será el mercado destino y las fechas de mayor demanda y precio de venta de fruta, tanto en México como en EUA, principal comprador de fruta en fresco. De hecho, lo ideal sería tener vendida la cosecha desde antes de sembrarla, mediante un contrato con alguna de las empresas exportadoras, procesadoras o bien, con un comercializador de fruta en fresco en el país, que sea confiable. Con base en ello, se elaboran los programas de siembra-inducción floral-cosecha específicos para cada lote de producción a establecer, los cuales deberán cumplirse con los menores márgenes de error, para lograr una venta exitosa de la fruta producida y darle la continuación necesaria al proyecto productivo. La experiencia de productores y empresas piñeras en México, obliga a considerar la posibilidad de que –aun cuando se pueda canalizar la mayor parte de las cosechas al mercado objetivo-principal– todas las plantaciones, sin excepción, también generan fruta que no será aceptada por este mercado y que deberá canalizarse a otras opciones disponibles, para mantener la necesaria rentabilidad del cultivo.

La histórica falta de un programa general de siembras-inducciones florales-cosechas de piña en México, genera uno de los principales problemas que enfrentan los productores: períodos de excesiva concentración de la producción y bajos precios, los cuales pueden ocurrir durante cualquier época del año, ya sean muy cortos o de duración media, aunque también se han presentado temporadas completas de ellos, donde la sobreoferta de fruta fue la constante. Estos años de sobreoferta, provocados por un exceso de nuevas siembras en ciclos inmediatamente anteriores, han sido recurrentes y se presentan cada siete a diez años, siempre después de un período de varios ciclos anuales, donde los precios se mantuvieron muy por encima de los promedios históricos.

Estos años de atractivos precios, provocan que, por un lado, los productores y empresas que son constantes en su producción, aumenten ligeramente la superficie en sus programas normales, pero el mayor crecimiento de la superficie y oferta proviene principalmente de nuevas plantaciones hechas por gente sin ninguna o muy poca experiencia comercial en piña, que invierte su dinero de manera extraordinaria y oportunista en este cultivo, alterando su comportamiento

normal en los diferentes mercados. Una vez que esta actividad deja de ser rentable, ocurre una depuración de productores, donde la mayor parte de los que la abandonan son precisamente los piñeros o "proyectos" oportunistas.

Una época de recurrente sobreoferta y bajos precios, ocurre generalmente entre junio y julio (a veces, de mayo a mediados de agosto), cuando de manera periódica se aglutina alrededor del 30 % de la producción (con origen en las floraciones prematuras invernales), lo que ocasiona la caída drástica de los precios de venta y, en ocasiones, la pérdida de la fruta en campo, lo que lleva a muchos productores a la bancarrota y a que el movimiento económico de las regiones productoras de esta fruta en el país, disminuya significativamente. Otros casos de inesperada sobreoferta de fruta se dan cuando una considerable superficie de piñales (todos de diferentes productores y empresas), es inducida a floración artificial en un pequeño período del año (una o dos semanas), concentrando así un volumen que satura los diferentes mercados, con sus previsibles consecuencias en los precios. En contraparte, la temporada que se tiene considerada con una alta demanda de piña, asociada a mejores precios de venta en campo, va de la segunda quincena de agosto hasta finales del mes de mayo, por lo que se sugiere realizar, la inducción floral de las plantaciones de acuerdo a ello (Santoyo & Martínez, 2011). Rebolledo et al. (2011) precisan que es entre mediados de agosto y mediados de noviembre, cuando los precios son los mayores del año, mientras que, de noviembre a inicios de mayo, los intermedios.

En la región productora del Bajo Papaloapan, las floraciones naturales en las plantas de piña ocurren de forma espontánea en al menos tres épocas del año, donde quizás un 20 % del total de las plantas en desarrollo vegetativo florecen de manera natural por medio de varios mecanismos que el hombre aún no controla del todo, y no mediante el TIF, realizado de forma programada y artificial por los productores, con fines de organizar y distribuir la cosecha de la manera más conveniente posible, de acuerdo a las necesidades de los diferentes mercados, durante la temporada. Las floraciones prematuras invernales dan origen al 70 % del total anual de la fruta clasificada como prematura o no inducida artificialmente, y corresponden a las frutas llamadas "naturales" y "coludas", donde las segundas superan en una relación 1:6 a las primeras; las "morrudas", que son el 15 % del total, se inducen a mitad de la época de secas; mientras que las "ventureras", que también

participan con el 15 % del total de prematuras anuales, se diferencian entre el fin de la época de secas y el inicio de la temporada de lluvias.

Es importante resaltar que los porcentajes de floración natural anuales mencionados sólo son promedios, ya que estos valores totales cambian cada temporada, como también lo hace la proporción entre tipos de floraciones prematuras. Indiscutiblemente, las invernales son las mayoritarias, pero hay años en los que las terceras y cuartas aumentan de manera significativa, lo que repercute en los flujos de oferta normales y provocan reducciones significativas en los precios de la fruta. Sin duda, el uso del acolchado plástico total y la malla-sombra por separado o mejor, de manera combinada, reducen hasta en un 80 % la incidencia de este tipo de floraciones, al reducir o eliminar los factores de estrés que las provocan, especialmente las relacionadas a humedad, temperatura, nutrición y fitosanidad (Rebolledo et al., 2011).

Todas las épocas de inducciones naturales se caracterizan por la prevalencia de condiciones negativas que provocan a la planta algún tipo de estrés, ya sea térmico, lumínico, hídrico, nutricional o la combinación de varios, lo que las induce a florecer aun antes de haber alcanzado un peso fresco comercial, el cual normalmente es de 2.5 kg para el mercado de exportación y de 3.5 kg (o más) para el fresco nacional. Las inducciones naturales, al igual que las inducidas por métodos artificiales, se manifiestan visualmente 45 días después de la diferenciación del meristemo apical, cuando las inflorescencias brotan en el centro de las plantas afectadas. Las piñas prematuras son denominadas regionalmente, según su época de inducción, momento de recolección-cosecha y forma del fruto que las caracteriza. Los detalles de cada tipo de fruta prematura, se describen a continuación:

Piñas "naturales": Son las primeras invernales que se diferencian en el año (fines de noviembre a principios de enero), provienen de plantas de regular a excelente tamaño y peso (mayores a 2.5 kg), de plantaciones que incluso fueron establecidas y manejadas con el objetivo de que florezcan por sí solas en esa época; por lo general resultan en frutas de tamaño mediano a grande (1.8 a 2.5 kg o más), de forma cilíndrica y con una corona normal que no rebasa el tamaño de la bola, las cuales se cosechan entre fines de mayo y principios de julio, al inicio de la temporada de lluvias. Cuando se requiere, el productor aplica el TIF a mediados de

diciembre o fechas cercanas, para emparejar la floración y lograr el máximo porcentaje de fruta emergida.

Piñas "coludas": Son el segundo tipo de piñas de origen invernal, las cuales se diferencian entre mediados de diciembre hasta mediados de marzo y se caracterizan por ser frutos de pequeños a medianos (1.0 a 1.8 kg), incluso muy pequeños (1.0 a 0.5 kg), que se originan de plantas que no alcanzaron el peso fresco (de al menos, 2.0 kg) suficiente para asegurar un fruto comercial, pero que sí fueron capaces de responder a los estímulos de la época y florecen al paso del invierno, en camadas (6 a 10), según van alcanzando su madurez sexual. Debido a que estas frutas inician y completan su desarrollo bajo condiciones de sequía o escasez de humedad (febrero a mayo), su "bola" queda muy reducida, pero no así su corona que puede continuar su desarrollo una vez que el fruto completa el suyo, cualidad que es totalmente aprovechada por ellas cuando, por ser cosechadas cuando el temporal de lluvias ya quedó plenamente establecido, recibe una buena aportación de agua y nutrientes, además de condiciones de temperatura más agradables para su crecimiento y desarrollo, por lo que crecen de manera desproporcionada, alcanzando hasta el doble del tamaño de la bola del fruto, por lo cual se denominan piñas "coludas".

Piñas "morrudas" o "coscorronas". Provienen de plantas que florecen naturalmente durante mediados de la primavera, aparentemente por el estrés provocado por los cambios bruscos en la humedad disponible cuando ocurren lluvias que, de manera muy ocasional, se presentan durante la época más seca del año. Se diferencian entre abril y mayo, cuando la humedad del suelo y el aire presentan los menores valores del año, por lo que al inicio su fruta se desarrolla bajo condiciones de escasez de humedad, sin embargo, a partir de la segunda mitad de su ciclo recibe lluvias desde el inicio del temporal, por lo que estas piñas no quedan pequeñas (1.6 a 2.2 kg) pero si deformes, más redondas que cilíndricas, con los ojos saltones muy marcados y una corona de forma y peso heterogéneo, algunas grandes y bastante abiertas, mientras que otras pequeñas y múltiples, incluso en algunas totalmente ausente. Estos frutos "morrudos" son cosechados entre octubre y noviembre.

Piñas "ventureras" o "aventureras". También provienen de plantas que florecen naturalmente durante la primavera, pero en este caso a finales de ella, ya que se

diferencian entre abril y mayo. Igual se inducen por el estrés provocado por los cambios bruscos en la humedad disponible y en la temperatura ambiente, cuando da inicio y se establece la temporada de lluvias. Debido a que desde su inicio la fruta se desarrolla bajo mejores condiciones de humedad, ya que recibe lluvias desde el inicio del temporal, estas piñas son más grandes (1.8 a 2.5 kg), prácticamente normales, de forma cilíndrica, de ojos regulares y aplanados, con coronas más simétricas y armónicas con su bola; son cosechados entre noviembre y diciembre.

Aun cuando en su mayoría estos frutos son aprovechados con fines comerciales, algunos no constituyen una fuente de ingresos atractiva, sobre todo los "coludos" muy pequeños, cuando estos se presentan en varias camadas, de manera dispersa y en cantidades muy escasas, ya que su costo de protección contra plagas y enfermedades, así como de los golpes de sol y el costo de la misma a cosecha, se incrementan de tal manera que en ocasiones es incosteable recolectarlos o la ganancia es tan baja, que no pagan lo invertido en ellos, ya que los constantes ingresos del personal de campo para atender fruta por fruta, totalmente diseminadas en la plantación, además de encarecer la labor, provoca daños a las plantas, raíces y al mismo acolchado plástico, cuando se usa. Sin embargo, en ocasiones, alcanzan precios de venta muy atractivos, pero esto no es la regla sino más bien, la excepción. Por la manera tan dispersa e irregular en que las floraciones naturales se presentan, la mayoría de ellas no resultan lo más adecuado ni rentable para este cultivo. Además de la incertidumbre que su venta conlleva, su presencia desuniformiza a tal grado las plantaciones afectadas, que cuando se utiliza el acolchado plástico total en ellas, su uso se restringe a sólo un ciclo productivo, cuando los normales y esperados son entre dos y tres de manera continua. Por ello, los productores y técnicos deben procurar evitarlas al máximo, utilizando adecuada y oportunamente, los mejores recursos técnicos disponibles.

Una vez logrado el máximo control sobre las floraciones prematuras, aun cuando éste no haya sido total o perfecto, los productores deberán someter al resto de las plantas no paridas (aún en estado vegetativo) cuando alcancen un adecuado desarrollo y peso fresco, al Tratamiento de Inducción Floral; éste se debe aplicar de manera programada, para forzar y adelantar el período natural de floración –de manera intencional– con agentes hormonizantes, tratamiento con el cual también se homogeneiza y compacta la cosecha de la fruta, ya que siempre deberá buscarse

la manera de realizarla en el mínimo de cortes y con el menor número de días entre el primero y el último de ellos, según la madurez del fruto, para así reducir costos.

En una plantación comercial intensiva lo deseable es que ninguna planta se induzca de manera natural antes de hacerlo artificialmente, ya que se desajusta el programa de manejo previamente establecido. En cambio, se debe asegurar que todas las plantas respondan positivamente al TIF, con el fin de estandarizar tamaño, peso, forma, madurez y calidad de los frutos para la fecha programada de cosecha y venta.

Así como el uso del acolchado plástico total y malla-sombra ayudan a reducir la incidencia de la floración prematura invernal en las plantaciones de piña en todas las regiones productoras de México, principalmente en MD2, que es doblemente más susceptible a este grave problema, es muy notorio que en plantaciones de Cayena Lisa –que es 50 % menos susceptible que MD2– este efecto inhibidor resulte excesivo e impida lograr la inducción floral con la efectividad, eficiencia y calidad requerida, principalmente en la época de verano, cuando los días son largos y calurosos y las plantas han reactivado de manera violenta su crecimiento por el inicio de las lluvias y el aprovechamiento de los fertilizantes que fueron aplicados (pero no aprovechados) durante la época seca. Estas condiciones, aunadas a su menor disposición a florecer, provoca que plantaciones completas no respondan al TIF o lo hagan con porcentajes muy bajos (menores al 70 %), inaceptables para cualquier programa comercial de exportación o agroindustrial que tenga comprometidas sus cosechas para una determinada fecha.

Debe quedar claro que el problema no es el acolchado plástico total, como tampoco lo es la malla-sombra, sino el manejo de la nutrición que deben recibir las plantas bajo su protección, el cual deberá adaptarse a las nuevas condiciones a las que los fertilizantes aplicados y los nutrientes que ya contiene el suelo, estarán sujetos bajo su protección. Como se explicará a detalle más adelante, la deficiente respuesta de las plantas de Cayena Lisa al TIF se debe a una sobre-fertilización nitrogenada, innecesaria y contraria al proceso de floración. Bajo el acolchado plástico total los fertilizantes no se pierden por arrastre de las lluvias excesivas; tampoco se volatilizan, por lo que se mantienen alrededor de la zona radical donde las plantas los aprovechan con 40 a 50 % mayor eficiencia y cantidad, lo cual representa un gran ahorro de dinero al productor y 40 % menos contaminación del

medio ambiente y cuerpos de agua por estos fertilizantes no aprovechados en las plantaciones.

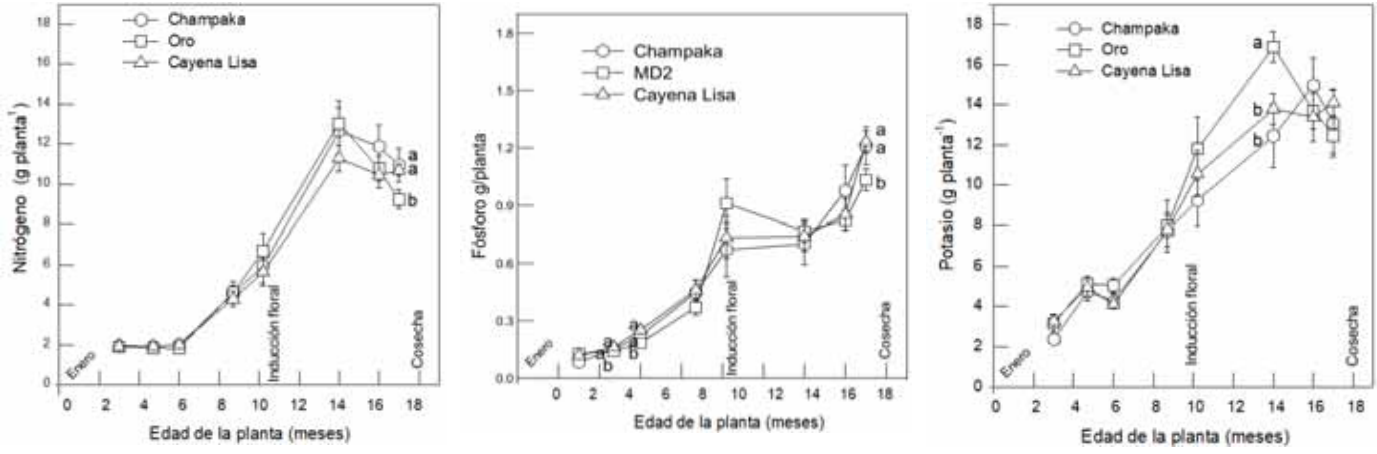
La figura 29 muestra resultados de la primera evaluación agronómica-nutrimental del cultivar MD2 en México (Rebolledo et al., 2011), donde se puede observar cómo durante los primeros seis o siete meses (enero a mayo de 1997) del ciclo de una plantación de tres clones (Champaka, MD2 y Cayena Lisa) de piña a una densidad de 45 mil plantas/ha, establecidos en diciembre de 1997, inducidos a floración en noviembre de 1998 y cosechados entre mayo y junio de 1999, la absorción de nutrientes es baja durante la época seca del año (enero a mayo), y se dispara cuando reinician las lluvias, después de mayo de 1998. Aun cuando la fecha de siembra es tardía y la absorción de nutrientes es naturalmente baja, el efecto de la época de secas *vs* el inicio de la de lluvias en cuanto a respuesta de las plantas al aprovechamiento de los nutrientes del suelo y los aplicados artificialmente, es más que notorio.

Por su mayor facilidad de absorción, cuando los niveles de humedad se restablecen y la temperatura ambiental es menos alta, el nitrógeno es el que más rápida o violentamente eleva sus contenidos en la planta, lo que puede ser factor de desbalance entre la actividad vegetativa y la reproductiva, beneficiando a la primera cuando se encuentra en exceso.

La solución es relativamente sencilla y barata; consiste simplemente en reducir, sustantivamente, las cantidades aplicadas de nitrógeno durante la etapa vegetativa, suspenderlas totalmente al menos dos o tres meses antes del TIF, y aplicar suficiente potasio y microelementos en ese período, previo a la inducción para lograr un adecuado balance entre el carbono y el nitrógeno que contienen las plantas. En estos casos donde el riesgo de fallas en el TIF es alto o mediano, es mejor mantener niveles de nitrógeno bajos a medianos en las plantaciones, antes de aplicar el TIF y, después de lograr altos porcentajes de inducción, reiniciar el abasto de nitrógeno para que el fruto crezca y recupere tamaño. Hacer lo contrario, es probadamente un error que sólo traerá pérdidas en la uniformidad de los piñales, bajas en el rendimiento y calidad de fruta y pérdidas económicas de consideración.

Figura 29.

Curvas de absorción de N, P y K en plantas de piña Champaka, MD2 y Cayena Lisa a una densidad de 45 mil plantas/ha bajo las condiciones de la cuenca baja del Papaloapan



Fuente: Rebolledo et al. (2011).

7.8.1 Tratamiento de Inducción Floral (TIF)

Cuando la planta de piña cambia del estado vegetativo al reproductivo, su meristemo apical deja de producir hojas e inicia con la formación de estructuras florales que darán origen al pedúnculo, inflorescencia y fruto, continuando luego –una vez más– con nuevas hojas que darán origen a la corona del fruto. Las hojas que se formaron poco antes de la diferenciación quedan muy pequeñas, distribuidas entre el pedúnculo y la base del fruto. Una vez que la diferenciación del fruto inicia, su desarrollo no se detiene hasta que éste alcanza la madurez, sin embargo, puede retrasarse si se presentan problemas fitosanitarios, de falta de humedad o por temperaturas ambientales relativamente extremas, menores a 10 °C y mayores a 35 °C (Bartholomew, Malézieux, Sanewski, & Sinclair, 2003). Bajo las condiciones de México, los excesos térmicos son los más frecuentes, ya que en las regiones piñeras, valores menores a 10 °C no son frecuentes (sólo en diciembre, enero y febrero, con mínima absoluta histórica de 7 °C), mientras que las superiores a 35 °C, ocurren muy frecuente y prácticamente durante todo el año, con una máxima absoluta histórica de 45.5 °C (Rebolledo et al., 2011).

Por la posición geográfica (18° latitud Norte) de la Cuenca Baja del Papaloapan, la duración del día entre los solsticios de verano (junio 21) e invierno (dic 21) tienen una diferencia de hasta 2 horas y 10 minutos. Este factor de duración del día/noche, en interacción con las cambiantes condiciones de humedad disponible, temperatura ambiental y luminosidad a través del año, afectan de manera significativa la duración del ciclo de desarrollo de los frutos y su proceso de maduración (días entre el TIF y la cosecha), con diferencias de entre uno y hasta dos meses, entre el ciclo más corto y el más largo en el año, a pesar de tratarse del mismo genotipo, densidad de siembra, manejo de la plantación y tipo de suelo.

Normalmente, los frutos de piña de la variedad Cayena Lisa son cosechados –en promedio– a los seis meses del TIF, con un grado de maduración interno de 3 a 4, considerada una madurez de mediana a alta, ya que van dirigidos al mercado fresco nacional, el cual prefiere fruta madurada naturalmente en la planta y con el mayor potencial de sabor, aroma y balance entre dulzura y acidez. En contraste, los frutos de piña del híbrido MD2 son cosechados –en promedio– cinco meses después del TIF, con al menos 10 o 12 °Brix para garantizar un mínimo de dulzura,

pero con un grado de madurez interna de 0 a 2, considerado muy bajo o bajo, ya que van dirigidos al mercado fresco de exportación y tienen que ser sometidos a un período de 10 a 20 días entre su traslado al centro de acopio del mayorista (*broker*), su distribución a tiendas minoristas, período de exhibición en anaquel y finalmente su compra y consumo por el cliente.

De acuerdo a registros de productores de piña Cayena Lisa para el mercado nacional y empresas exportadoras de piñas MD2, se tienen estas dos grandes épocas de contraste entre la duración del ciclo del fruto (TIF-cosecha), y otras dos en las que este período es equivalente al promedio anual.

TIF entre septiembre-octubre-noviembre (otoño). Los frutos que son inducidos en esta época registran intervalos más largos entre el TIF y su cosecha comercial, que pueden ser de hasta siete meses en Cayena Lisa y 6.5 meses en MD2. Son cosechados entre abril-mayo-junio. Lo normal es que el ciclo se prolongue al menos 15 a 20 días con respecto a los promedios normales, antes mencionados. Esto se atribuye a que se desarrollan bajo las condiciones de menor duración del fotoperíodo en el año (11 horas de luz /día, equivalentes a 1 hora menos con respecto al promedio anual de 12 horas/día), así como en una condición de temperatura ambiental de sólo 23 °C, en promedio, 2 °C menos con respecto a la media anual, que es de 25 °C. Además, durante los primeros tres meses de desarrollo, se presentan 12 días de lluvia/mes, lo que representa una mayor nubosidad y, por lo tanto, menor luminosidad para realizar sus actividades fotosintéticas para la elaboración y acumulación de azúcares y demás fotosintatos (horas efectivas de sol).

TIF entre marzo-abril-mayo (primavera). Los frutos que son inducidos en esta época presentan un intervalo de tiempo más corto entre el TIF y su cosecha comercial, que puede ser de hasta cinco meses en Cayena Lisa y de cuatro en MD2. Son cosechados entre agosto-septiembre-octubre; lo normal es que el ciclo se reduzca de 25 a 30 días con respecto a los normales-promedio. Esto se atribuye a que se desarrollan bajo las condiciones de mayor duración del fotoperíodo en el año (13 horas de luz /día, equivalentes a 1 hora más con respecto al promedio anual de 12 horas/día), así como en una condición de temperatura ambiental promedio de 27 °C, 2 °C más con respecto a la media anual. Además, durante los primeros tres meses de desarrollo se registran sólo cinco días de lluvia/mes, lo que representa

una menor nubosidad y, por lo tanto, mayor luminosidad (horas efectivas de sol) para realizar sus actividades fotosintéticas.

TIF entre junio-julio-agosto. Los frutos que son inducidos en esta época presentan intervalos de seis meses en Cayena Lisa y de cinco en MD2, entre el TIF y su cosecha comercial, considerados normales. Son cosechados entre diciembre-enero-febrero. Sin embargo, lo normal es que el ciclo se prolongue al menos 10 a 15 días, debido a: i) menor duración del fotoperíodo en esta época del año (11 horas de luz /día, equivalentes a una hora menos con respecto al promedio anual de 12 horas/día), durante los últimos meses de formación del fruto; ii) una condición de temperatura ambiental promedio de 22 °C, 3 °C menos con respecto a la media anual, que es de 25 °C; iii) la ocurrencia de 70 % de los 50 frentes fríos ("nortes") que se presentan cada temporada en la región, con un mínimo de 12 días nublados y con lluvias, además de los que aun nublados no tienen precipitación, lo que se traduce en menor luminosidad para realizar sus actividades fotosintéticas. Estas condiciones retrasan la maduración interna de los frutos con respecto a la externa, lo que obliga a cosecharlos un poco más tarde para que los grados brix aumenten y la acidez disminuya.

TIF entre diciembre-enero-febrero. Los frutos que son inducidos en esta época presentan un intervalo de tiempo de seis meses en Cayena Lisa y de cinco en MD2, entre el TIF y su cosecha comercial, considerados normales. Son cosechados entre junio-julio-agosto. Sin embargo, es común que su cosecha se adelante de 10 a 15 días, ya que la mayor duración del fotoperíodo en esta época del año (13 horas de luz /día, equivalentes a una hora más con respecto al promedio anual de 12 horas/día), durante los últimos meses de desarrollo del fruto; una condición de temperatura ambiental de 27 °C en promedio, por lo menos, 2 °C mayor con respecto a la media anual que es de 25 °C; así como la ocurrencia de un promedio de 16 días de lluvia/mes, provocan que el contenido de agua en el interior del fruto se incremente y por lo tanto, los niveles de translucidez de la pulpa se adelanten e incrementen de tal manera, que obliga al productor a una cosecha adelantada para que los jugos del fruto no se vacíen antes de que las piñas sean vendidas al consumidor final.

El uso de inductores de la floración en piña tiene muchas ventajas, las más importantes son: reducir el ciclo del cultivo; uniformizar y compactar el período de

cosecha y programar la producción de acuerdo a las necesidades del mercado y del productor. La razón principal del uso de técnicas de producción forzada es obtener fruta fuera de temporada para cubrir la demanda del mercado en un mayor tiempo y comercializar en épocas donde la producción nacional (o local) es nula o baja. Con las técnicas de producción forzada se busca modificar reacciones bioquímicas que alteran el modo de acción hormonal de la planta, para que cambie la organogénesis floral, ya sea adelantando o retrasando la diferenciación reproductiva. Asimismo, se puede también modificar el desarrollo del fruto para adelantar o retrasar la maduración sin alterar, de manera significativa, su "calidad comercial" con la aplicación directa de algunos reguladores del crecimiento.

Un Tratamiento de Inducción Floral óptimo debe aplicarse sólo a las plantaciones cuyas plantas alcancen un rango de peso fresco adecuado (en su región) para dar un fruto totalmente comercial, nunca antes o después. En esas plantaciones, el TIF debe lograr que el 100 % de las plantas tratadas se induzcan (eficacia); que las inflorescencias se formen con el mayor número de frutillos posible (calidad), y que la inducción y brotación de las inflorescencias de todo el grupo de plantas tratadas ocurra dentro de un plazo no mayor a una semana o quizás un poco más (eficiencia), que equivaldría a sólo dar dos o tres cortes de fruta, casi continuos.

Cuando no hay *eficacia* del TIF y sólo una parte de las plantas tratadas florecen, la plantación se desuniformiza, se desprograman las cosechas y también los volúmenes estimados. Esto resulta en graves consecuencias para el productor o empresa, más aún cuando hay contratos de por medio, como en el mercado fresco de exportación y el de proceso industrial. Si después del TIF se estima (por muestreos en campo) que el porcentaje de plantas inducidas resultará muy bajo, se debe repetir la inducción lo antes posible, ya que si las plantas no inducidas continúan su crecimiento vegetativo, excederán su peso idóneo para florecer y cada vez que lo aumenten se harán más resistentes a la inducción y producirán un fruto más pequeño. Entre las condiciones que más reducen la eficacia del TIF está el exceso de nitrógeno en las plantas tratadas, deficientes dosis del inductor y número de aplicaciones del tratamiento, aplicaciones en horarios inadecuados (cuando la temperatura ambiente es muy elevada, mayor a 30 °C, o la interior de las plantas continúa alta después de un día excesivamente caluroso).

Con relación al exceso de nitrógeno, en los últimos años y con el aumento en el uso del acolchado plástico total en piña, este insumo ha sido relacionado con bajos porcentajes de floración inducida, principalmente durante el período de julio-agosto-septiembre, época de verano que está reconocida regionalmente como la más problemática y difícil para lograr aceptables inducciones florales. Este inconveniente es mayor en plantaciones de Cayena Lisa y Champaka, aunque también en MD2, pero en un mucho menor grado. Esta situación se genera por el indebido manejo de la fertilización que se hace a los cultivos con protección plástica del suelo, ya que con esta técnica (acolchado plástico total) el aprovechamiento de los nutrientes aplicados es 40 % mayor (principalmente del nitrógeno, que es el más volátil y lixiviable), por lo que las plantas lo aprovechan y acumulan en cantidades excesivas, que contrarrestan los efectos inductores del TIF que se les aplica. Lo indicado es reducir o eliminar las aplicaciones de N, desde al menos tres meses antes del TIF, para no tener plantas excesivamente vigorosas que prefieran seguir creciendo, a entrar en fructificación. El exceso de este elemento puede proceder del acumulado en las plantaciones, después de varias fertilizaciones que se le hicieron durante la época seca y que no fueron aprovechadas por las plantas por la falta de humedad y las altas temperaturas que se registran en esa época, pero que una vez restablecido el temporal de lluvias, todo el fertilizante acumulado se aprovecha en muy corto plazo, causando el mencionado desorden nutricional.

Cuando la *calidad* del TIF es lo que falla, las inflorescencias brotan con un número de florecillas individuales menor al esperado, por lo que los frutos resultan con muy pocos “ojos” y menor peso a la cosecha, ya que finalmente son cada uno de los frutillos los que desarrollan y aportan volumen y densidad a este tipo de fruto compuesto. Este problema no altera los programas de cosecha, pero sí los de empaque, ya que los calibres (rangos de peso, requeridos para exportación) de fruto se reducen, pudiendo no ser los solicitados por los clientes, por lo que habrá que darles a estos frutos otro destino comercial, generalmente de menor valor en el mercado. En algunos casos, la reducción en el número de frutillos (ojos) es de hasta el 40 %, aunque no siempre con el mismo impacto en el peso del fruto. Problemas como falta de humedad o radiación solar, podrían también afectar su número, si estos ocurren durante el primer mes, después del TIF.

Cuando resulta una baja *eficiencia* del TIF, aunque la cantidad de frutos inducidos y el número de frutillos y tamaño de ellos no se vea afectado, el período (duración) de cosecha sí se altera, ya que en lugar de ser de una sola semana, puede extenderse hasta en un mes, con sus consecuentes implicaciones prácticas. Esto se debe a que las plantas tratadas por falta del suficiente estímulo (etileno o acetileno aplicado en el TIF) acumulado internamente en un corto tiempo (máximo, en cinco días), inician el proceso de diferenciación floral de manera muy dispersa (primero las más susceptibles y al final, las más reacias a florecer), por lo que sus inflorescencias emergen en un período muy amplio de tiempo (hasta de 25 a 30 días, entre ellas), y al cosecharlos, los frutos tienen edades diferentes y por lo tanto, grados de madurez, contenido de azúcares, ácidos orgánicos, translucidez y demás características organolépticas, también diferentes.

Para plantaciones dedicadas al mercado fresco nacional, esto último no representa un problema serio, porque los frutos no tienen tanta presión de madurar al mismo tiempo, por lo que generalmente se van cosechando en camadas uniformes, conforme van teniendo el grado de madurez deseado –muy obvio a la vista del cortador– porque estas piñas siempre se dejan que maduren de manera natural en la planta.

El problema grave se da en las plantaciones dedicadas a la producción de fruta fresca de exportación, en las cuales los frutos deben cosecharse y luego empacarse con un grado de madurez interna completamente uniforme. De otra manera habrá problemas con los importadores y distribuidores finales, ya que se corre el riesgo de que, por empacar en una misma caja frutos de aparente igual madurez externa, pero de diferentes edades y por lo tanto, de diferente madurez, calidad interna y vida de anaquel, lleguen muy maduros o "ya pasados", "húmedos", y "chorreando jugo", al exhibidor de frutas en los supermercados norteamericanos, o peor aún, a los mercados europeos, por mayor distancia de traslado.

Para que esta previsión de logística comercial se cumpla, la cosecha de las piñas de exportación se debe programar de manera casi obligada entre 15 y 20 días antes de que éstas alcancen su madurez natural, cuando todavía tienen como color externo un verde-obscuro (Grado 0), aunque por la distancia y relativas pocas horas de traslado de la Cuenca Baja del Papaloapan a la frontera con EUA, muchos *brokers* solicitan grados de maduración interna un poco más elevados (Grado 1 a

2), lo que permite al consumidor estadounidense degustar piñas más cercanas a una maduración natural.

Cosecharlas entre 15 y 20 días antes de que éstas alcancen su madurez natural, obliga a "desverdizarlas", "pintarlas" o darles un "color amarillo", aunque sea artificialmente, para darles una mejor apariencia para su comercialización final. Esto se logra si se les aplica ethephon (que produce etileno, para eliminar la clorofila de los tejidos) entre 10 a 4 días antes de cosecharlos (según la época del año y condiciones del ambiente), lo cual les provoca un cambio de color en su cáscara; primero se torna de color verde-claro y luego pasa a un amarillo-naranja al final del proceso, color más clásico de las piñas que maduran de manera natural en la planta. Esta es una falsa maduración, ya que por dentro las características del fruto –una vez cosechado– no cambian, sólo se degradan progresivamente con el tiempo. Por ello las diferencias entre la madurez interna de los frutos que "nacieron" en diferentes fechas, tanto en grados brix, translucidez y otras variables importantes, son diferentes y, en algunos casos, extremas entre ellos.

En este caso, cuando se cosechan frutos de diferente edad, pero similar apariencia, los cortadores y responsables de esta actividad están incapacitados para diferenciarlos con base a su edad real y menos aún, por su estado interno de madurez, por lo que cosechan de manera simultánea todos los frutos que, a su vista, les parezcan iguales. En realidad, muchos de esos frutos, con edades y características muy distintas, van mezclados. Así, frutos con 8 °Brix van mezclados con otros que ya sobrepasaron los 12 °Brix. Esto es sumamente grave para el mercado de exportación, que sólo puede aceptar una diferencia no mayor a un grado entre los frutos de una misma caja, sobre todo cuando se demanda que ninguno de ellos tenga menos de los 12 °Brix, exigidos por el CODEX STAN 182-1993 y la NMX-FF-028-SCFI-2008.

Si a estos problemas de edad entre los frutos, le agregamos las diferencias en translucidez interna, contenido de ácidos, color, entre otros, definitivamente estos lotes de fruta desuniforme no cumplen con la normatividad que el mercado fresco de exportación exige a sus proveedores con respecto a la uniformidad de las características de la fruta. Un embarque así, será rechazado y la empresa responsable tendrá que asumir todos los gastos y perjuicios causados por esta irresponsabilidad y perderá imagen ante este exigente y competido mercado. Por

ello, muchas veces las empresas cuando detectan a tiempo este problema, optan por destinar esas cosechas a otros mercados menos exigentes, aunque no tan rentables como el de exportación. Sin embargo, eso no los exime de un posible incumplimiento de contratos con sus clientes cuando, por errores en el TIF, tienen lotes con estos problemas de fruta con edades muy contrastantes entre ellas.

La falta de eficacia, calidad y eficiencia del TIF se debe, principalmente, a la aplicación de insuficientes dosis del inductor y número de aplicaciones del tratamiento, pero también por aplicarlo en horarios no adecuados para que las plantas absorban el gas (etileno o acetileno) y lo transporten a sus tejidos internos, para así inducir la diferenciación floral. Para que el gas penetre al interior de las plantas es necesario que los estomas de las hojas de piña estén abiertos y plenamente activos, lo cual sólo ocurre durante las noches frescas, e incluso en algunas pocas mañanas nubladas y frescas de la época invernal.

La planta de piña, por su metabolismo tipo CAM, cierra sus estomas durante el día para no perder agua, es por ello que la actividad estomatal se reduce incluso durante las noches muy cálidas, cuando la temperatura ambiente es muy elevada (cercana o mayor a 30 °C) o bien, cuando la temperatura interna de las plantas continúa alta durante las primeras horas de la noche, después de un día excesivamente caluroso (temperaturas ambiente mayores a 35 °C), muy comunes en la región del Papaloapan de abril a agosto-septiembre. Por lo tanto, bajo esas condiciones, el TIF, aunque sea bien aplicado, se corre el riesgo de fallar en alguno de sus tres aspectos (eficacia, calidad y eficiencia).

Para reducir estas posibles fallas y aumentar las probabilidades de éxito, se sugiere la utilización de malla-sombra 50 % colocada sobre la plantación a tratar, desde al menos dos meses antes de efectuar el TIF durante la época seca (marzo-mayo e incluso junio), al menos dos meses antes de que reinicien las lluvias, así como cuando se van a inducir plantaciones en pleno verano, en la época difícil de julio-agosto-septiembre. La protección que la malla-sombra brinda, permite a las plantas una mejor disponibilidad de agua durante todo el año (más todavía, durante la época seca) y, por lo tanto, una más balanceada nutrición al momento de efectuar el TIF; además, le ofrece al cultivo una condición de temperatura ambiental más propicia para que los agentes inductores penetren en mayor cantidad y rapidez al interior de las plantas y cumplan mejor su función. Así, al proteger las plantas con

malla-sombra desde unos cuantos meses antes del TIF y mejorar las condiciones de temperatura y humedad ambiental durante la aplicación del tratamiento, se aumenta la cantidad de etileno que las plantas reciben, incrementando los porcentajes de "parición", el número de frutillos emitidos por inflorescencia y reduciendo el período de cosecha a sólo una semana o poco más, lo que garantiza mayor uniformidad en la madurez y características internas de los frutos.

Es recomendable aplicar el TIF hasta tres veces, incluso cuatro cuando así lo amerite, repitiéndolo con sólo uno o dos días (no más de tres) de intervalo entre aplicaciones, para que todas las plantas florezcan casi al mismo tiempo. Esto es mucho mejor que dar sólo una o dos aplicaciones, con hasta tres o cuatro días de diferencia entre ellas, ya que esto aumenta el riesgo de que el proceso de inducción de las plantas ocurra en bajo porcentaje y en un período mayor a una semana, una quincena completa o incluso más, lo que no compensa los eventuales ahorros en los costos, comparados con los inconvenientes en este proceso.

Como se mencionó anteriormente, la principal época de floración natural de la piña en la región del Bajo Papaloapan (y del resto de regiones, pero con sus variaciones por latitud y condiciones climatológicas locales) ocurre durante los días más cortos y las temperaturas nocturnas más bajas del año. Ésta normalmente comprende de la segunda quincena de noviembre a la primera o, incluso, la última de febrero. A medida que se acerca esta temporada, las plantas aumentan su susceptibilidad a la diferenciación floral y por lo tanto los tratamientos para inducirla son más efectivos en fechas cercanas a ella.

Por el contrario, durante los meses de julio y agosto es cuando la eficiencia de los tratamientos de inducción se reducen drásticamente, aunque dependiendo de qué tan pronto se reiniciaron o adelantaron las lluvias o bien, se atrasaron, se pueden también incluir a mayo y junio, si se adelantaron; o a septiembre, si el temporal se retrasó, con sus conocidas implicaciones en el comportamiento nutricional de las plantas afectadas. Esto se debe a que en esta difícil época para inducir a floración, es cuando los días son los más largos del año, las temperaturas diurnas y nocturnas son las más adecuadas para el crecimiento, el abasto de humedad es suficiente (ya se está en el primer tercio de la época de lluvias), se presentan frecuentes nublados que reducen los excesos de radiación solar y las plantas han tenido el tiempo suficiente para asimilar todos

los nutrientes que –aplicados durante la época seca–, no pudieron aprovecharse por falta de humedad, pero que quedaron disponibles a partir de las primeras lluvias de la temporada (mayo-junio).

Este problema, ya de por sí grave en plantaciones bajo un manejo a suelo desnudo y cielo abierto como es el que se realiza con la tecnología hawaiana convencional, se agrava aún más cuando son manejadas con acolchado plástico total, ya que el comportamiento de la humedad del suelo, los nutrientes y de las propias plantas cambia, mejorando los ritmos de nutrición, crecimiento y desarrollo, por lo que muchas de ellas no responden al TIF y continúan en su fase vegetativa. Esto no significa que el uso del acolchado plástico total en piña sea contraproducente o negativo, al contrario; utilizado en combinación con la malla-sombra para brindarle al cultivo un ambiente protegido, logra variados e importantes beneficios al suelo, a los microorganismos benéficos que lo habitan, grandes ahorros en nutrientes, insumos y agua de riego, que finalmente se reflejan en mejores rendimientos y calidad de las cosechas. Los productores y técnicos que lo utilizan sólo deben considerar hacer los cambios necesarios en sus programas de nutrición, para que las plantas reciban únicamente la cantidad de nutrientes necesarios, no en exceso y así tener éxito en el TIF.

La resistencia a la inducción floral puede presentarse, principalmente, entre la segunda mitad de la primavera, todo el verano y la primera parte del otoño, pero indudablemente se ve aumentada por la posible sobreoferta de nitrógeno a las plantas que se presenta después del largo período de secas (que ocurre de enero a mediados de mayo), donde el nitrógeno (y resto de nutrientes) acumulado durante el período mencionado, se disuelve y queda (ahora, sí) disponible a las plantas de manera abundante en un período corto de tiempo, las cuales responden con un mayor vigor que privilegia al crecimiento vegetativo, no al reproductivo. Esta brusca reactivación del crecimiento provocada por el reinicio de las lluvias, puede bloquear aún más la acción de los inductores. Por ello resulta muy importante que el piñal a tratar haya tenido un ritmo de crecimiento constante (no abrupto), al menos durante los últimos cuatro meses antes del TIF, y presentar un contenido de nitrógeno medio o, incluso, bajo en el caso de Cayena Lisa y Champaka, por lo que las aplicaciones de nitrógeno deben suspenderse por lo menos dos o tres meses antes y favorecer las de potasio. Ya una vez inducida la plantación, se le aplica el nitrógeno faltante.

Es más importante que el lote tenga un buen porcentaje de parición, aunque su aspecto esté un tanto falto de "verdor", a que esté bien nutrido y con un aspecto verde-obscuro, pero con una parición deficiente.

El peso fresco ideal de planta para el TIF, como indicador, no está definido de manera absoluta, por lo tanto, debe ser estimado para cada región, finca, variedad, densidad de siembra y sistema de manejo, ya sea manual o mecanizado, a suelo desnudo y cielo abierto o en ambiente protegido, con o sin riego. Sin embargo, para algunos productores experimentados en fruta destinada al mercado fresco nacional, el TIF debe aplicarse cuando la planta alcance un peso fresco total entre 3.2 y 4.0 kg, lo cual se puede lograr entre los 6 y 12 meses después de haberse plantado, equivalente a que la planta tenga de 75 a 85 hojas funcionales (Reyes, Uriza, Rebolledo, & Rebolledo, 2005); mientras que, para fruta de exportación, los pesos óptimos de inducción en plantas MD2, varían según la región y calibres a cosechar, entre los 2.5 a 3.2 kg (Rebolledo et al., 2011).

a) Productos y métodos para realizar el TIF

Para realizar el TIF o Tratamiento de Inducción Floral en la región piñera del Bajo Papaloapan y casi seguramente en el resto de las más importantes de México, generalmente se utiliza carburo de calcio, etefon o etileno-gas. Para lograr los mejores y más seguros resultados, deberá efectuarse –de preferencia– con al menos tres aplicaciones, invariablemente nocturnas, a intervalos de 1 o 2 días, máximo, entre ellas y adecuado al sistema de manejo del productor, ya sea manual o mecanizado (Rebolledo et al., 2011).

Carburo de calcio (CaC_2). Es el método más antiguo y restringido a sólo su aplicación manual. Logra porcentajes de entre 85 y 95 % de parición, en promedio, según sea utilizado. Las dos maneras más frecuentes, de acuerdo a las condiciones de la temporada y recursos técnicos del productor, son:

Carburo de calcio en piedra. Este método tiene una eficiencia promedio del 85 % y los frutos cosechados son de excelente calidad, siempre que el TIF cumpla con todo el protocolo necesario. Esta alternativa sintética sólo es factible de utilizar de manera manual, ya que los intentos para mecanizar la aplicación de acetileno (C_2H_2 o CH≡CH) no han prosperado. Es el método más popular entre pequeños y medianos productores que no cuentan con aspersores de alto volumen equipados con el

sistema de aplicación de etileno-gas. Incluso, los medianos y grandes productores utilizan este producto cuando se dificulta el acceso a los aspersores de alto volumen (exceso de lluvias, caminos intransitables, etc.), o cuando las inducciones de modo mecanizado presentan fallas, siendo necesario hacer una segunda o tercera aplicación únicamente a las plantas que no respondieron. Se aplican manualmente de 0.5 a 1.0 g del producto (carburo de calcio calibre 2/4 mediano o 14ND fino) por planta, preferentemente durante la madrugada o en la noche, dirigido al cogollo y replicado tres veces, con intervalos de máximo dos días. Debe haber suficiente agua en el cogollo de la planta al momento de aplicar, de otra manera se generarán quemaduras por ser una reacción fuertemente exotérmica. Al reaccionar el carburo de calcio (CaC_2) con el agua (H_2O), se libera acetileno (C_2H_2) + mucho calor + restos de hidróxido de calcio ($Ca(HO)_2$). Cuando hay suficiente agua en el cogollo de la planta se usa la presentación mediana; si hay poca, se utiliza la fina. En aquellas plantaciones donde urge hacer inducción floral y no se tiene la humedad suficiente, se aplica un poco de agua al cogollo, antes y después de tratar a la planta con el carburo, para garantizar un buen resultado. El carburo de calcio debe manejarse con extrema precaución durante su traslado, uso y almacenamiento, procurando que no se moje y genere gas, principalmente en sitios cerrados donde una explosión o intoxicación es factible. El acetileno o etileno es el más sencillo de los alquinos, un poco más ligero que el aire e incoloro, altamente inflamable y produce una llama de hasta 3,000 °C, una de las temperaturas de combustión más altas, conocidas.

Carburo de calcio disuelto en agua. Esta opción tiene una eficiencia del 90 al 95 % y los frutos cosechados son de excelente calidad. También es para aplicación exclusivamente manual. Es la mejor opción cuando no hay suficiente agua en el cogollo de la planta. Se preparan “muñecas” (cartuchos o paquetes) de 1.5 a 2.0 kg del producto (calibre 15/25 Piedra) y se disuelven una por tanque de 200 litros de agua, y cuando hayan dejado de efervescer, se aplican inmediatamente 50 ml de la solución por planta, directamente al cogollo, manualmente, mediante bombas sin presión llamadas “de carburar” y se repite tres veces, dejando sólo un día entre ellas. Cada tanque alcanza para tratar un promedio de 4,000 plantas. Puede agregarse, antes del carburo de calcio, 0.5 kg de carbón activado por tanque, para que el acetileno liberado quede más tiempo en la solución y una mayor cantidad del mismo llegue a las plantas a inducir. El acetileno, una vez liberado cuando se

disuelve con el agua en los tanques, es extremadamente inflamable y explosivo, por lo que deben tenerse todas las precauciones posibles y evitarse fuego (por flamas de encendedores o cigarrillos encendidos, por ejemplo) o chispas eléctricas (al encender lámparas eléctricas, vehículos, celulares, etc., o incluso al usar ropa hecha de fibras sintéticas de alto grado electrostático) que pudieran encender el gas cuando se está preparando el tanque o aplicando la mezcla en campo.

Etefon [ácido 2-(cloroetil) fosfónico]. Es un producto sintético que logra una eficiencia en la inducción del 85 al 90 %. Puede aplicarse manualmente, disuelto en agua, mediante aspersores de mochila, o de manera mecanizada, con aspersores de alto volumen. Generalmente, con esta última opción se acostumbra realizar el TIF con etileno-gas (que es más efectivo), pero cuando no hay disponibilidad de este gas se recurre al etefon como producto alternativo. La presentación comercial más frecuente es la que contiene 24 % de ingrediente activo por litro. Este producto genera etileno (C_2H_4 o $CH_2=CH_2$), fosfatos (ácido fosfórico) y cloruro (HCl), una vez que se desdobla químicamente en el interior de las plantas. Se debe recordar que este gas, el etileno, es la fitohormona que regula varios procesos relacionados con el estrés y el envejecimiento de las plantas, así como la senescencia de hojas y flores, modifica el metabolismo de las auxinas, interfiere los procesos de crecimiento y estimula la diferenciación floral en plantas en estado vegetativo; también promueve la síntesis de fenoles y ligninas en frutos próximos a madurar; es decir, actúa en ese caso sobre la coloración y aparente maduración de los frutos. Para la época "difícil" de inducción floral en piña (junio a agosto) se sugieren tres aplicaciones nocturnas asperjando la planta completamente, utilizando por aplicación y por hectárea 720 g de ingrediente activo de etefon, 17.5 kg de urea y 9.0 kg de bórax (tetraborato de sodio) disueltos en 1,500 a 2,500 litros de agua, cuando se aplican mediante aspersores de alto volumen; o bien, esa misma dosis por hectárea, pero repartida entre ocho y diez tanques de 200 litros c/u, cuando se aplican manualmente con auxilio de aspersores de mochila; para la época "intermedia" de dificultad de inducción, se sugiere la dosis de 480 g de ingrediente activo de etefon y demás aditivos en las cantidades ya mencionadas, con al menos dos aplicaciones del tratamiento; mientras que para la época "fácil", la dosis puede disminuirse a 240 g de ingrediente activo de etefon, con sus respectivos aditivos y

mismas dos aplicaciones obligadas del TIF, no tanto para asegurar que todas las plantas florezcan, sino para que el tiempo de cosecha sea menor.

Cuando el ingrediente activo del etefon se diluye en un medio alcalino, se mejora sustantivamente su efectividad, ya que este medio genera –por medio de una hidrólisis alcalina– su descomposición acelerada. Por ello se utilizan como aditivos ya sea el bórax (tetraborato de sodio) o la cal (hidróxido de calcio), siempre y cuando, el primero no está disponible. El material alcalinizante seleccionado debe ser mezclado previamente en el agua para provocar el incremento alcalinizante buscado y elevar su pH, de 6.0 a 7.0 –que es el normal del agua de pozo profundo en la región del Bajo Papaloapan–, a 8.0 o 9.0, con lo que la liberación del etileno y otros compuestos ocurre de manera más rápida, tanto en la superficie de las hojas (principalmente en el envés) como dentro de la planta, mismos que son translocados de las hojas basales a las apicales, nunca de manera inversa. Aun cuando sea bien aplicado este producto, la mayor parte del etileno generado durante su aplicación se escapa a la atmósfera, y sólo una muy pequeña cantidad es realmente absorbida por las plantas, pero esta es generalmente suficiente para lograr una aceptable eficiencia en la inducción, que va del 85 al 90 %.

A pesar de sus aceptables resultados y facilidad de aplicación, existe la razonable preocupación entre productores y técnicos de que, con el uso de este inductor, se provoque –aparentemente- de un ligero a mediano avejentamiento de las hojas de las plantas y frutos, además de un retraso considerable en la emisión normal de hijuelos, en contraste con las otras alternativas para la inducción floral. El mencionado inconveniente se atribuye –supuestamente- a los residuos clorados que quedan dentro de la planta después de la reacción química que desdobla el ingrediente activo del etefon. En campo, las plantas madre tratadas y las coronas de los frutos inducidos, frecuentemente presentan una apariencia ligeramente “avejentada”, “triste” u “opaca”, en comparación a lotes donde se usó carburo de calcio o etileno-gas. Esto es más evidente en plantaciones de Cayena Lisa y Champaka, ya que las áreas centrales rojizas de sus hojas contrasta de manera notoria con el ligero color verde-pálido-amarillento que adquiere el fondo y bordes de ellas. También es muy visible que la producción de hijuelos, si bien no disminuye, su brotación, desarrollo y cosecha, se atrasa por uno o dos meses, o más. Con todo, el etefon es una buena alternativa que debe considerar el productor, de acuerdo a

la disponibilidad de equipos aplicadores, necesidades y urgencias en la aplicación del TIF en sus fincas.

Etileno-gas con carbón activado [C_2H_4 o (CH_2=CH_2)]. Es el mejor método actualmente disponible, ya que tiene una eficiencia promedio del 95 % o más, y los frutos cosechados son de la mejor calidad, en contraste con las otras opciones mencionadas. Se aplica mediante un equipo especializado, integrado a los aspersores de alto volumen. Los fabricados por la empresa Agro-Demeneghi, ubicada en Isla, Veracruz, son de los más avanzados, confiables y mejor adaptados a las condiciones de las fincas piñeras en México. Para el adecuado y seguro manejo del etileno-gas (durante su transporte, uso y almacenamiento), se deben tomar las más extremas precauciones, que la empresa fabricante y sus distribuidores señalen, ya que está clasificado como un gas explosivo a alta presión, que puede explotar de manera espontánea si se mezcla con cloro bajo luz solar o al hacer mezclas explosivas con el aire y agentes oxidantes; también puede provocar quemaduras por congelamiento. En el ambiente tiene un olor dulzón como a moho y si se respira puede provocar dolor de cabeza, mareos, somnolencia, vómitos y pérdida del conocimiento, donde la falta de oxígeno puede ser mortal.

Para su aplicación a plantaciones con el fin de inducirlas a floración, se mezclan de 2 a 3 kg de etileno-gas puro (99.9 %) en los 2,500 a 3,500 L de agua que contiene el tanque del aspersor de alto volumen, lo más fría posible (lo más cercana a 4.0 °C, que es cuando el agua retiene más gas), en la cual previamente se mezclaron de 10 a 15 kg de carbón activado, utilizado para retener por mayor tiempo el etileno-gas disuelto en la mezcla inductora. Se hacen de dos o tres aplicaciones nocturnas, incluso cuatro en la época difícil, procurando las horas más frescas de la madrugada (de 4 a 6 a.m.).

Debido a que, una vez cumplida su función, la mayor parte del carbón activado queda sobre las plantas de piña, acumulado principalmente en sus axilas y raíces adventicias, no es recomendable realizar –en las siguientes dos semanas– aplicaciones posteriores de productos fitosanitarios (menos aún, los de acción sistémica), dado que es probable que sus ingredientes activos queden atrapados por este carbón residual, provocando un bloqueo a la libre distribución y absorción de esos productos en la planta y suelo.

b) Medición de resultados del TIF

Una vez aplicado el TIF, según método seleccionado y cumplido el total del protocolo que implica, es necesario conocer lo antes posible qué tan efectivo resultó en plantas paridas, qué calidad de inflorescencias obtuvo y qué tan eficiente fue en lograr compactar la cosecha. Para ello, se deben hacer las siguientes estimaciones.

Estimación de la efectividad del TIF (% de plantas inducidas). De acuerdo a los resultados obtenidos, se considerará si es o no necesario repetir el tratamiento de inducción en las plantas que no florecieron en un primer intento. El dato además sirve para reprogramar volúmenes de cosecha previamente estimados, así como actividades y gastos relacionados a la protección y cosecha de los frutos que se "desprogramaron". Los métodos más utilizados, son:

Muestreo de tallos. Es el que posibilita el diagnóstico más oportuno, ya que puede realizarse desde los 12 días después del TIF, lo cual permite aplicar las medidas correctivas de manera rápida, sin embargo, tiene sus inconvenientes y condicionantes. Puede ser mejor realizarlo a los 20 días después del TIF, para abarcar un mayor período de emergencia de las inflorescencias en campo. El método es solamente estimativo, ya que sólo considera el porcentaje de floración con base a las plantas muestreadas. El método es "destructivo" y consiste en la revisión detallada del meristemo principal o cogollo de la planta, lo que implica el dividir por mitad un número reducido, pero representativo, de plantas y examinar de manera minuciosa la punta de su meristemo apical y verificar que éste haya pasado de la fase vegetativa a la reproductiva. Este cambio se manifiesta con el inicio de la formación de la inflorescencia, la cual brota como un pequeño abultamiento en forma de pezón que tiende a alargarse progresivamente hasta que emerge de entre la roseta de la planta, entre los 40 a 45 días después del TIF. Su aplicación requiere de personal capacitado que sepa diferenciar este proceso de formación y desarrollo de la inflorescencia. Las plantas muestreadas también se aprovechan y revisan para determinar otras variables de interés, como peso fresco, número de hojas, estado fitosanitario y nutrimental. Normalmente se muestrean en diagonal, nunca en la misma hilera, alrededor de 30 plantas/ha (hasta 100, según se requiera precisión del dato), correspondiendo un tercio a plantas grandes del lote, otro a medianas y el resto a chicas.

Conteo de inflorescencias emergidas. Es el único método que permite obtener los porcentajes reales de inducción en campo. Se puede realizar desde los 40 días después del TIF, pero se corre el riesgo de no considerar aquellas que aún no han emergido de la roseta, cuando la efectividad del TIF es deficiente, por lo que es más confiable volver a hacerlo después de los 60 días. Se pueden contar directamente las inflorescencias visibles *vs* las no emergidas, muestreando tramos continuos con al menos 100 plantas, en cinco hileras dobles, diferentes, pero representativas del piñal. Cuando el compromiso del productor o empresa de entregar fruta a determinada fecha es mayor (de acuerdo a las necesidades), algunos cuantifican esta variable en la totalidad de los piñales inducidos, o casi por completo, para no fallar en la estimación. La desventaja de este método es que la detección de las plantas no florecidas se realiza demasiado tarde; cuando éstas han desarrollado excesivamente su follaje, entran en un desbalance nutrimental y por tanto muestran mayor resistencia a la inducción floral.

Estimación de la calidad del TIF (número de frutillos por inflorescencia inducida). Se puede hacer mediante el conteo de yemas florales, flores o frutillos que compone cada inflorescencia finalmente emergida a los 110 días después del TIF, aprovechando los muestreos de campo realizados para fines de evaluación de otras variables del TIF. Para ello se deben muestrear no menos de 100 inflorescencias/ha, distribuidas en cinco hileras diferentes, pero representativas del piñal. El número de "ojos" de la inflorescencia totalmente emergida o del fruto en sus etapas de desarrollo ya declarado, puede contarse de abajo hacia arriba, siempre y cuando se haga en una misma hilera ascendente y lo más vertical y continua posible. Esto, en la cara del fruto que está entre la que recibe directamente los rayos del sol y la que no. Generalmente, el número de "ojos" estimado va de 5 a 10, donde los primeros corresponden a frutos que quizás pesarán menos de 1.2 kg (calibre 10) y los últimos, probablemente más de 2.2 kg (calibre 5), bajo condiciones climatológicas y de manejo promedio. Entre menos frutillos por inflorescencia u "ojos" en frutos ya formados se presenten, menor es la calidad del TIF aplicado.

Estimación de la eficiencia del TIF (período en días transcurridos entre la emergencia de la primera inflorescencia y la última, resultado del TIF aplicado, además del grado de dispersión entre las edades de ellas). Se puede estimar mediante el conteo de inflorescencias finalmente emergidas a los 50, 65 y 80 días

después del TIF, registrando la diferencia en número y días entre la fecha de emergencia entre las primeras, intermedias y las últimas, con base al grado de desarrollo de las inflorescencias y sus frutillos, apertura de pétalos, etc. Entre más largo sea el período de emergencia entre ellas y más dispersa esté la población por edades dentro del período evaluado, menor es la calidad del TIF.

Un comentario general es que, debido a la posición geográfica que tienen las principales regiones productoras de piña en México, la duración del ciclo TIF-emergencia de la inflorescencia, TIF-apertura y cierre de flores individuales (antesis) y TIF-cosecha del fruto, durante el año, varía significativamente, lo que debe tomarse en cuenta para ajustar los programas de protección fitosanitaria, aplicación de hormonas y de cosecha, según la variedad utilizada, mercado-destino de la fruta y grado de madurez solicitado. La variación del ciclo TIF-cosecha del fruto puede alcanzar los 60 días en las épocas más extremas, mientras que, en las otras latitudes más ecuatoriales, varía sólo de 7 a 12 días en esos mismos extremos.

c) Consideraciones generales sobre el TIF

Los componentes propuestos por el INIFAP para el cultivo de piña, principalmente el acolchado plástico total, riego y malla-sombra, mejoran las condiciones ambientales, tales como la humedad, la temperatura ambiente, la radición solar y el viento, por tanto, los productos aplicados a la planta (fertilizantes, pesticidas, hormonas, entre otros) se aprovechan de manera mucho más eficiente. Por ello es frecuente que productores que nunca habían utilizado acolchado plástico total, tengan problemas con sus programas de TIF en campo, ya que los ritmos de crecimiento de las plantas se aceleran y el peso idóneo de inducción se alcanza hasta cuatro meses antes de lo normal, mientras que el aprovechamiento de los fertilizantes –principalmente los nitrogenados– se incrementa hasta en un 40 %, por lo que los lotes alcanzan su punto óptimo nutrimental mucho antes de lo esperado por el productor o técnico de la empresa, lo que afecta los programas normales de inducción floral, principalmente los de verano, que es la época más difícil del año.

Lo mejor es darle al piñal un tratamiento pre-TIF suficientemente enérgico y oportuno para prepararlo previamente y así inducirlo a floración durante la época "difícil", con mayores probabilidades de éxito. Este tratamiento pre-TIF consiste, en:

i) evitar toda aplicación de nitrógeno al menos durante los tres meses previos al TIF (mínimo dos), privilegiando la aplicación de potasio para equilibrar el balance entre nutrientes (carbono/nitrógeno); ii) aplicar el Tratamiento de Inducción Floral con base a etileno-gas y carbón activado en suficiencia, que es el más eficiente de todos los hasta ahora disponibles; iii) utilizar agua limpia de pozo profundo, lo más fría posible; iv) repetirlo hasta tres veces (hasta cuatro, en casos potencialmente difíciles), con no más de dos días de intervalo entre aplicaciones para que todas las plantas florezcan al mismo tiempo y todas tengan los mismos niveles de madurez externa e interna al momento de la cosecha; v) hacer las aplicaciones en las horas más frescas del día, que son las cinco anteriores a la salida del sol; vi) evitar hacerlo después de lluvias intensas que saturen de agua al cogollo de las plantas, con vientos fuertes o amenaza de lluvia inminente; vii) calibrar perfectamente el equipo de aplicación, y viii) vigilar que, en campo, las plantas reciban la mezcla de gas-carbón-agua de la manera indicada.

El dar sólo una o máximo dos aplicaciones, con hasta tres o cuatro días de diferencia entre ellas, incrementa el riesgo de que el proceso de inducción de las plantas (TIF) ocurra en bajo porcentaje y con los demás inconvenientes señalados anteriormente.

Se debe tomar en cuenta que de los actuales genotipos comerciales más cultivados en México, MD2 es el más susceptible a la floración natural y artificial; le siguen Cayena Lisa y Champaka. Estos genotipos, en una temporada invernal promedio, presentan 50 %, 25 % y 15 % de potenciales floraciones prematuras, sólo por susceptibilidad genética; de manera inversa, durante la época difícil, en el verano, MD2 es la más fácilmente inducida, con una efectividad potencial de 90 %, siguiéndole Cayena Lisa con 80 % y Champaka con 70 %, esto siempre y cuando los piñales estén debidamente preparados para el TIF, ya que, de no estarlo, los porcentajes de inducción pueden ser menores.

De forma general, los problemas mencionados que se presentan principalmente en la época difícil de inducción floral, en el verano en México, se deben a las siguientes causas, todas adicionales a las naturales, ya explicadas:

Uso de un producto inadecuado para la época de inducción. Las evidencias mundiales indican que el etileno-gas + carbón activado es el método más eficaz y eficiente para lograr una adecuada inducción floral, donde las plantas y frutos

tratados mantienen las características que una inducción natural brinda, esto por ser la forma más pura de esta hormona. El etileno-gas logra una eficacia en la inducción del 95 %, el carburo de calcio del 90 %, mientras que, el etefon del 85 %, esto como promedio, bajo condiciones intermedias de susceptibilidad de las plantas, lo cual significa que en épocas "fáciles" (invierno) estos porcentajes aumentan, pero en épocas "difíciles" (verano), disminuyen.

Aun cuando pudieran alegarse razones de economías, no existen causas técnicas que justifiquen el uso de otros productos para inducir la floración en las plantaciones de piña durante todo el año, salvo cuando el producto principal (etileno-gas) o el complementario (carbón activado) no se encuentren disponibles en el mercado. Esto obviamente, siempre y cuando las plantaciones estén mecanizadas y se cuente con un equipo aspersor de alto volumen, debidamente provisto del sistema de aplicación de etileno-gas de última generación, para una mayor eficiencia.

Insuficiente calidad del producto principal y sus aditivos. De acuerdo a su constitución química, sólo el etileno-gas no presenta cambios que afecten su calidad y función comercial, ya que viene en forma pura con una concentración del 99.9 % de ingrediente activo. Los otros dos productos sí pueden sufrir cambios químicos en su presentación comercial, y con ello afectar los resultados esperados en campo. En cuanto a la calidad del carbón activado, ésta puede verse muy alterada si el producto viene mal sellado y se ha expuesto a condiciones contaminantes adversas, como humazones, o si su resguardo o almacenaje se da en ambientes donde el aire contenga altas cantidades de sustancias reactivas que serán recogidas por el carbón almacenado, perdiendo su capacidad de retener el etileno-gas, fin principal por lo que se utiliza.

El carburo de calcio es un subproducto que, de acuerdo al proceso para obtenerlo, puede contener restos de sulfuro y fosfuro de calcio como impurezas, por lo que cuando se aplica al cogollo de las plantas, se generan ácidos que dañan los tejidos de las plantas tratadas, quemando su meristemo apical e impidiendo que respondan al tratamiento de inducción.

Por último, el etefon es el potencialmente más inestable, y su formulación puede presentar degeneración química, según sean sus condiciones de almacenaje y fecha de caducidad. El caso más mencionado es el de un producto

comercial con 72 % de concentración (720 g i.a. de etefon/litro), cuyo último lote comercial fue retirado del mercado tras múltiples evidencias de que no cumplía con las funciones señaladas en la etiqueta, como inducir a la floración o desverdizar los frutos de piña. Sobre la mala calidad de la urea e hidróxido de calcio o bórax que se usan como complemento con el etefon, no se tienen evidencias al respecto que pudieran dar explicación a fallas en los programas de inducción floral en fincas afectadas por este problema.

Insuficiente concentración o subdosis del producto principal y sus aditivos. Este es un problema recurrente cuando se reduce –de manera consciente, pero irresponsable– la dosis sugerida para una determinada fecha, con la finalidad de ahorrar producto, o cuando parte del producto es desviado para otros fines (robo) y es reportado como aplicado por el responsable de la aplicación. Esto en el caso del etileno-gas es difícil que ocurra por la manera en que viene envasado comercialmente, en tanques de seguridad de 49.2 kg (vacíos), los cuales pueden contener hasta 13.6 kg de producto 99.9 % puro. Caso contrario es el del carburo de calcio y el etefon, cuyas presentaciones comerciales son fácilmente sustraíbles y transportables. La aplicación de subdosis también puede ocurrir de manera inconsciente, cuando por descuido, mala calibración de las boquillas y de la velocidad de aplicación de los equipos aspersores, no se aplican las cantidades programadas de los productos.

Inadecuado horario de aplicación. Debido a que la mayor parte del producto aplicado entra al sistema interno de las plantas tratadas por la vía estomatal, se requiere que la aplicación de la mezcla inductora se haga cuando la mayor parte de los estomas de las plantas estén abiertos, lo cual se logra cuatro o cinco horas antes de la salida del sol, durante todo el año. Esto es especialmente importante cuando se trata de inducir la floración durante la época difícil, por lo que hacerlo fuera de este horario se debe considerar como una irresponsabilidad de la persona encargada de realizar las inducciones.

Deficiente aplicación en campo. En este insciso se incluye el inadecuado horario de aplicación; deficiente calibración del equipo aplicador; deficiente control del gasto/flujo del etileno-gas; inconstante velocidad de avance del equipo; desuniformidad en la aplicación por malos caminos, por excesos de lluvia, antes de

la aplicación (cogollos saturados de agua), y presencia de vientos fuertes o lluvias durante y después de la aplicación, entre otros.

Falta de repetición del tratamiento. A pesar de la importancia de lograr el mayor porcentaje de éxito en la inducción floral, muchos productores tratan de realizar economías en este rubro y por ello hacen el menor número de aplicaciones del TIF, posibles, alegando que con sólo una o dos es suficiente para lograr sus propósitos de inducción. La experiencia demuestra que, aunque muchas veces lo logran, los resultados no siempre son del todo satisfactorios, ya que no se inducen el total de plantas tratadas, no se alcanzan a formar inflorescencias con el mayor número de flores individuales para rendir mayor peso del fruto y, además, la cosecha se da de manera más dispersa por lo desuniforme de las edades de los frutos. Más aún, cuando la inducción falla considerablemente, el lote afectado será objeto de mayores gastos en fertilizantes, plaguicidas y tratamientos de inducción, con resultados económicos muy inciertos. Lo anterior genera pérdidas al productor o empresa. Las supuestas "economías", practicadas en plantaciones que están destinadas al mercado de exportación, resultan incomprensibles si consideramos el riesgo de fallas que conllevan.

Inadecuado balance carbono/nitrógeno (exceso de nitrógeno) en las plantas. Cuando una planta de piña ha asimilado nitrógeno en demasía durante su fase vegetativa terminal, seguramente tendrá varios problemas en su fase reproductiva, los cuales van desde una alta incidencia de frutos tipo "botella" y coronas múltiples, pérdida de la calidad interna del fruto por baja acidez y la falta de consistencia de la cáscara y pulpa y altos contenidos de nitratos en fruto; hasta una grave reducción en el porcentaje de inducción, principalmente en la época difícil del año. Esta sobredosificación de nitrógeno ocurre de varias formas: i) cuando se siembra en suelos con mayor fertilidad que el resto y aplicamos dosis de fertilización utilizadas para suelos menos fértiles; ii) cuando en las fórmulas de fertilización las cantidades de nitrógeno no son compensadas de manera equilibrada con el resto de nutrientes, principalmente potasio, elementos intermedios y micronutrientes; iii) cuando para compensar la falta de crecimiento, previo al tratamiento de inducción, se aplican cantidades considerables de fertilizantes con altas concentraciones de nitrógeno, por ser el elemento más barato y de fácil aprovechamiento por las plantas, y iv) cuando al final de la época de secas, las lluvias disuelven abruptamente los

fertilizantes no aprovechados por falta de humedad, lo que crea una acumulación violenta de nutrientes en las plantas, que fomenta, principalmente, el crecimiento vegetativo, en detrimento del crecimiento reproductivo.

De acuerdo a la siguiente escala de colores (N° 0: amarillo, 01: verde claro, 02: verde olivo y 03: verde obscuro) de las hojas funcionales de las plantas, al momento del TIF éstas deberían tener un color entre 01 y 02, no más. Por tanto, previa a la aplicación del TIF durante esa época difícil, debe prepararse el piñal de interés mediante un tratamiento pre-TIF que reduzca al máximo o evite toda aplicación de nitrógeno al menos durante el mes o mes y medio previo al TIF, incrementando las aplicaciones de potasio y otros nutrimentos que estén bajos en contenidos, para equilibrar el balance entre nutrientes y lograr que las plantas estén menos reacias a florecer.

Baja sensibilidad de las plantas a la inducción floral por falta de madurez sexual (falta de peso-edad) y sobrepeso (exceso de desarrollo vegetativo). Las plantas con pesos frescos menores a 1.0-1.5 kg son difíciles de inducirlas a floración, principalmente en la época difícil, ya que la producción de etileno en ellas es naturalmente muy baja o nula; por otro lado, las plantas con sobrepeso (mayor a 4.5 kg) tienen más o menos ese comportamiento, pero por razones más asociadas a un estímulo dirigido al crecimiento vegetativo, más que a la diferenciación floral. Hacerlas florecer requerirá de mayores inversiones en mano de obra, de ahí la importancia de vigilar constantemente el crecimiento y desarrollo de las plantas de cada lote a inducir, y realizar el tratamiento lo más cercano a la fecha cuando las plantas alcanzan su peso óptimo, según el mercado-destino que se trate.

Condiciones ambientales (noches muy calientes, con vientos o lluvias fuertes y persistentes, etc.) y estacionales inadecuadas (fotoperíodo largo o noches cortas), para realizar el TIF. Durante la época invernal, la inducción floral resulta, sin excepciones, con altos valores de plantas paridas, alto número de frutillos por inflorescencia y cortos períodos de cosecha, ya que todos los factores resultan positivos para esta función (días cortos de tan solo 10.9 horas, noches frescas-frías de 20 °C, lluvias escasas y tenues de 60 mm al mes, ritmo de crecimiento vegetativo intermedio o reducido y humedad disponible del suelo aún no tan restringida). En contraste, durante la etapa difícil, en verano, las condiciones son contrarias: días largos de 13 horas, noches tibias-calientes de 25 °C, lluvias abundantes y copiosas

de 150 a 200 mm al mes, ritmo de crecimiento vegetativo intermedio a alto y humedad disponible del suelo sin restricciones.

Uso de tecnologías adicionales (acolchado plástico total, riego, malla-sombra plástica) que alteran favorablemente los ritmos de crecimiento de las plantas y con ello los ciclos normales de cultivo. Las nuevas tecnologías que el INIFAP ha identificado y sugerido para mejorar las condiciones agroambientales para el cultivo de piña en México, han demostrado sus bondades con creces, aunque para poder adoptarlas totalmente ha sido necesario un período de aprendizaje-adaptación considerable por parte del productor o técnico responsable de las plantaciones donde las han aplicado. Dado a que con estas tecnologías las densidades de plantación pueden incrementarse y los ciclos de plantación a cosecha se reducen hasta en cuatro meses, muchos productores o técnicos, primerizos en su uso, no consideran estos ritmos de crecimiento diferentes y cometen algunas imprudencias técnicas, como: i) fertilizar con las dosis completas utilizadas bajo manejo convencional a suelo desnudo, por lo que se sobrefertiliza al cultivo hasta en un 40 % y con ello se fomenta el crecimiento vegetativo de la planta, no el reproductivo; ii) determinar la fecha de aplicación del TIF usando como indicadores el tamaño y altura aparente de la planta y no el peso fresco real, lo cual conlleva a resultados negativos en el peso del fruto, ya que generalmente el peso de la planta queda subestimado, y iii) en contraparte con lo anterior, hay quien simplemente espera a que se cumplan los meses que normalmente transcurren bajo un manejo convencional, por lo que las plantas rebasan el peso idóneo y acumulan más volumen y follaje del conveniente, en detrimento a la eficiencia del TIF y del rendimiento y calidad de la cosecha. Por ello la importancia del monitoreo programado del crecimiento, desarrollo y estado nutrimental y fitosanitario de los lotes de producción, para determinar e identificar la fecha idónea de aplicación del TIF y programas pre-TIF, de ser necesarios.

7.8.2 Tratamiento para la inhibición de floraciones prematuras indeseables en invierno

Varios factores influyen para que las plantas de piña presenten su diferenciación floral bajo condiciones naturales, entre los que se encuentran: cultivar, origen y tamaño de hijuelos, fecha de plantación, grado de crecimiento alcanzado en el momento en que las condiciones ambientales son óptimas para la diferenciación (días

cortos, reducción de temperaturas, luminosidad baja, relación C/N alta y estrés por abastecimiento de agua y problemas fitosanitarios, entre otras). En el hemisferio norte estas condiciones se presentan a fines del otoño y durante todo el invierno, por lo que la cosecha proveniente de floraciones naturales se presenta alrededor de los meses de mayo a julio (Bartholomew & Kadzimin, 1977).

En México, las regiones piñeras se sitúan entre los 16° y los 21° 30' de latitud norte, y aunque la temperatura y la duración del día a través del año no son tan variables como en latitudes mayores, sí son lo suficientemente extremas para provocar, por un lado, floraciones naturales en invierno y, por otro, una difícil respuesta en la eficiencia del TIF, especialmente durante el verano boreal (junio a septiembre), en donde los promedios de eficiencia en floración en ocasiones no rebasan el 60 %, para el caso de Cayena Lisa (Rebolledo et al., 1998).

El híbrido MD2 es más susceptible que Cayena Lisa a la floración natural y, por el contrario, presenta mejor respuesta a los tratamientos de inducción floral en épocas del verano de difícil diferenciación reproductiva; sin embargo, esta misma mayor susceptibilidad a la inducción floral de la MD2 hace que, en la época invernal, éste presente hasta el doble o triple de floraciones prematuras indeseables que las otras variedades comerciales utilizadas.

La diferenciación natural de la piña, que ocurre entre la última semana de noviembre y la segunda o hasta tercera de febrero, presenta año con año porcentajes muy variables y altamente relacionados con el peso y edad de los vástagos al momento de la siembra, la fecha de establecimiento y la ocurrencia de bajas temperaturas. A causa de las condiciones climáticas imperantes durante la época invernal, inadecuado peso del material de siembra (más grande de lo debido), deficiente selección por tamaños (mezcla de grandes, medianos y chicos) y manejo inadecuado de las plantaciones, al menos un 20 % de las plantas establecidas florecen de manera natural y, por lo tanto, sin control. Esto provoca, por un lado, la saturación del mercado durante los meses de junio, julio y hasta parte de agosto con su consecuente caída de los precios de venta y, por otro, la gran escasez de fruta durante la segunda quincena de agosto, septiembre y hasta parte de octubre, al no haber plantaciones en condiciones de desarrollo adecuado para inducirlas a floración durante la tercera semana de febrero, a la última de marzo y, a veces, las primeras semanas de abril.

Para intentar reducir este problema al mínimo, se ha evaluado el efecto de diferentes inhibidores que bloquean la cadena de biosíntesis del etileno y, en consecuencia, la floración (Sanford & Bartholomew, 1981; IRFA, 1987; Scott, 1992 citado por Rebolledo et al, 2011).

También se ha intentado hacerlo con la tecnología "Producción intensiva de piña en ambiente protegido", donde el acolchado plástico total, el riego y el uso de la malla-sombra plástica hacen que las plantas se estresen menos, crezcan más rápido y, por lo tanto, tengan valores de pariciones naturales hasta 80 % menos que sus similares, manejadas a suelo desnudo y cielo abierto.

En lo referente al manejo hormonal, el INIFAP ha logrado reducir la incidencia de las floraciones prematuras invernales hasta en un 60-80 %, mediante el uso del ácido 2 (3 cloro-fenoxi) propiónico, cuya única presentación comercial evaluada en México por este Instituto, tiene el nombre comercial de Piñone CPA® (8 g i.a./litro). El producto contó con registro EPA hasta 2007, ya que por un error administrativo la empresa que tenía la patente, no lo renovó a tiempo y ésta se perdió. En México –al parecer– continua su autorización exclusivamente para piña destinada al mercado nacional.

El tratamiento inhibidor con esta hormona Piñone CPA® sólo se justifica si los pesos frescos de las plantas en desarrollo son de más de 1.0 kg en MD2, y de 1.2 kg en Cayena Lisa, pero que no excedan los 1.6 kg, principalmente del híbrido MD2, que es más susceptible. Su aplicación en plantas más pequeñas no se justifica, ya que seguramente no florecerán de manera prematura. El producto sugerido se aplica durante las primeras horas de la mañana o dos a tres horas antes de amanecer, que son las más húmedas y frescas, con boquilla de abanico 8010, en aspersión total para cubrir toda la planta, a razón de 35 ml de la solución por planta en densidades de 40 a 55 mil plantas/ha, y de 50 ml de la solución por planta en densidades de 25 a 35 mil plantas/ha, acorde a la densidad de población utilizada por hectárea (a mayor tamaño/peso de planta, mayor cantidad de la solución hormonal).

Es de destacarse que, en la mayoría de las plantaciones tratadas, las plantas muestran signos de quemaduras en sus tejidos blandos (de muy leves a considerables), donde se acumula el ingrediente activo del Piñone CPA®; también malformaciones (curvaturas y acortamientos) en sus tallos, sobre todo cuando se

abusa de las dosis sugeridas o se aplican los tratamientos en condiciones de poca humedad ambiental y elevadas temperaturas. Esto resulta en un atraso en el crecimiento y desarrollo de las plantas afectadas, ya que, aunque hayan sido inhibidas en su floración, su desarrollo será pequeño para intentar inducirlas entre fines de marzo y fines de abril, y así poder cosechar entre septiembre y octubre, período donde la fruta tiene mayor valor. Estas plantas afectadas por sobredosis de Piñone CPA®, finalmente estarán listas para inducirse hasta el reinicio de las lluvias o, tal vez, poco antes, pero ya no para marzo-abril como era lo planeado. Para evitar estos problemas de intoxicación de las plantas, en lugar de hacer tres o cuatro aplicaciones concentradas, con frecuencia quincenal (como se explica, más adelante), éstas se pueden aumentar al doble (seis a ocho aplicaciones, a razón de una semanal), reduciendo la dosis y frecuencia de aplicación a la mitad. La respuesta más favorable, en ambos genotipos se ha registrado en densidades de plantación mayores, en plantas más jóvenes y mejor nutridas (Rebolledo et al., 1997; Rebolledo et al., 2011).

Los resultados y sugerencias de uso de los inhibidores de la floración en piña, difieren por tipo de cultivar o variedad, además de las condiciones de manejo agronómico que recibe (convencional *vs* de ambiente protegido), detallando a continuación las más adecuadas para cada una de estas condiciones.

a) Métodos para la inhibición de las floraciones prematuras invernales indeseables en piña, en plantaciones a suelo desnudo y cielo abierto

Los factores de estrés que promueven la floración natural prematura son más intensos bajo un manejo a suelo desnudo y cielo abierto, respecto a un ambiente protegido. La tecnología disponible a la fecha para tratar de reducir la incidencia de las floraciones naturales, según genotipo, es:

Inhibición floral en Cayena Lisa. En razón a que este clon se siembra a densidades de entre 30 y 40 mil plantas/ha, más dirigida a producir fruta para el mercado fresco nacional, la dosis va de 1.5 a 1.8 litros de producto comercial Piñone CPA® por hectárea, dividido en tres aplicaciones de 600 ml cada 15 días, o seis aplicaciones semanales de 300 ml, iniciando la segunda quincena de octubre y terminando a finales de la última quincena de diciembre. Existe la alternativa de aumentar el número de aplicaciones a cuatro y el período de protección en 15 días

más, como corresponde a MD2, que también aplica en Cayena Lisa y Champaka cuando las plantas en estado vegetativo están muy desarrolladas y son potencialmente más susceptibles a florecer.

Inhibición floral en MD2. En densidades que van desde 45 mil a 60 mil plantas por hectárea, como son las utilizadas en el híbrido MD2, se debe aplicar en total de 2.0 a 2.5 litros del producto comercial Piñone CPA® por hectárea, divididos en cuatro aplicaciones quincenales, cada una de 500 a 625 ml, disueltos en 1,500 a 2,500 L de agua por aplicación o sus correspondientes ocho semanales y con la mitad de la dosis. En el caso de este híbrido, mucho más susceptible que Cayena Lisa al problema de las floraciones prematuras invernales indeseables, las aplicaciones deben iniciar el 1 de octubre (para anticiparse al proceso invernal que finalmente, las dispara) y terminarlas a mediados de diciembre o poco después, si se desea prolongar el tratamiento.

b) Métodos para la inhibición de las floraciones invernales indeseables en piña, en plantaciones en ambiente protegido

La disponibilidad de recursos técnicos alternativos que brinden a las plantas mejores y más estables condiciones de humedad, temperatura y nutrición, ha permitido reducir de manera muy significativa la ocurrencia de floraciones prematuras indeseables tanto en Cayena Lisa como en MD2, al grado de reducir sus valores en 80 % o más. La técnica consiste en conjugar varios componentes tecnológicos con la máxima precisión posible. Los criterios aprendidos durante muchos años de experiencia, que utilizan los productores y técnicos regionales, sólo deben ser reforzados por las nuevas herramientas tecnológicas ahora disponibles para este cultivo: acolchado plástico total, riego y malla-sombra 50 %.

En suelo protegido mediante acolchado plástico total también se deben utilizar vástagos del tipo y peso idóneo para la época, según sea la variedad o híbrido. Por ejemplo, en septiembre y octubre será de 450 a 500 g; para noviembre, el peso del hijuelo podrá incrementarse a 550 o máximo 700 g. Siempre deben usarse los pesos menores de los hijuelos cuando se trate de MD2, hasta de 100 g menos con respecto a los de Cayena Lisa. Los gallos son 30 % menos susceptibles que los clavos. La densidad de plantación puede ser de 35,000 a 60,000 plantas/ha, donde a mayor densidad, el potencial de las plantas a florecer naturalmente es ligeramente menor.

Es muy importante que bajo ambiente protegido, la nutrición del cultivo sea oportuna y suficiente, como también debe ser la protección fitosanitaria de las plantas, principalmente las raíces.

Por ello, y a excepción de la primera y segunda fertilización que son sólidas, (la primera en banda sobre las camas de siembra, antes de la colocación del acolchado plástico total, y la segunda dos meses después, en las axilas de las hojas inferiores de las plantas), el resto de la fertilización será vía líquida y foliar. La aplicación de nutrimentos por estas vías es semanal y la cantidad de N-P-K-Mg por planta y por ciclo es la misma que recomiendan Rebolledo et al. (1998) y Rebolledo et al. (2011), según densidad de población utilizada, aunque seguramente con el 70 % de ella será suficiente para satisfacer las necesidades del cultivo, ya que, bajo acolchado plástico, los fertilizantes se aprovechan mejor y las plantas alcanzan su tamaño óptimo para el TIF, entre dos y tres meses antes. En este caso, la dosis seleccionada se aplicará dividida entre los meses comprendidos entre la plantación y la floración (entre seis y nueve meses). Si se cuenta con disponibilidad de riego, se deben aplicar sólo los estrictamente necesarios para evitar humedad excesiva o, incluso, el lavado de nutrientes y demás insumos aplicados, principalmente cuando el riego es por aspersión por cañones. Si no hubiera tal posibilidad e hiciera falta humedad en la plantación, se puede recurrir a los aspersores de alto volumen que, aunque sólo permiten transportar volúmenes relativamente pequeños agua (1500 a 3,000 litros de capacidad), se pueden hacer tantas aplicaciones como sean necesarias y con la frecuencia que se requiera.

Para reducir los efectos negativos en las plantas, provocados por las grandes oscilaciones o gradientes térmicos que ocurren entre los meses de noviembre a marzo, por la ocurrencia de los denominados “nortes”, con oscilaciones de la temperatura ambiente de hasta 30 °C en menos de 24 horas (las cuales se presume, son las que mayormente inducen las floraciones prematuras), se debe recurrir al uso de la malla-sombra 50 %, tipo híbrido y color negro, la cual se coloca directamente sobre el dosel del cultivo, sujetándola cada 1.5 m, desde el ras del suelo, amarrada a estacas o a la base de las plantas más robustas y firmes. Lo más conveniente es que la malla-sombra, una vez colocada, permanezca hasta después de la cosecha del fruto, por las múltiples ventajas que ésta brinda al proceso de floración, formación y desarrollo del fruto.

Bajo este manejo estricto e intensivo, las plantaciones de piña sembradas en agosto, septiembre y octubre reducen drásticamente (hasta en 80 %) sus porcentajes de floración prematura indeseable y estarán preparadas con el peso fresco adecuado, para la aplicación del Tratamiento de Inducción Floral (TIF), a los seis o siete meses de edad, desde mediados de marzo hasta principios de mayo, obteniendo las cosechas entre 12 y 14 meses, en la época de mayor valor comercial. Aun cuando esta variante de producción en ambiente protegido permite reducir por sí misma la floración natural indeseable a niveles muy bajos, no excluye que muchos productores y técnicos más capacitados, combinen o agreguen de manera total o parcial, otras prácticas que también han demostrado incidir en su reducción, aunque de manera menos segura o con los evidentes inconvenientes. Las siguientes son las prácticas más destacadas y adicionales al APT, riego y MSP.

Aplicación adicional de dosis de Piñone CPA® 50 % más bajas que las normales. Se realiza durante el mismo período de cobertura sugerido (octubre a diciembre), para procurar los efectos de inhibición, sin correr el riesgo de intoxicaciones y reacciones negativas en las plantas tratadas. Estas aplicaciones sólo se consideran como refuerzo al programa general de control de dichas floraciones, pero muchos lo tienen como base, reforzado con las otras técnicas mencionadas, de protección del cultivo.

"Rasurado" de las hojas de la planta. Es una práctica muy cuestionada, ya que inicialmente debilita a la planta, le resta nutrientes contenidos en las hojas retiradas y futura protección a la inflorescencia y fruto al reducirles su tamaño. Aunque esta poda o rasurado es una agresión a las plantas, lo que representa un potencial fomento en su capacidad de ser naturalmente inducidas a floración por hacerse en una época todavía "no invernal", la planta, con la posterior aplicación de nitrógeno y calcio, reactiva su actividad vegetativa y finalmente no florece, hasta más adelante, cuando se le aplica el TIF. Éste deberá ser realizado a inicios o mediados de octubre, podando tanto la parte superior del follaje (corte horizontal), como la lateral (corte vertical), en un grado (intensidad) intermedio o mediano, nunca demasiado agresivo, ya que esta práctica presupone una pérdida violenta de la intensidad del crecimiento, pero también de las reservas nutricionales, pérdida que a las plantas les lleva mucho tiempo recuperar. La aplicación de N y Ca se hace 15 a 20 días después, para reactivar el crecimiento vegetativo.

Aplicaciones de N y Ca adicionales. Estas aplicaciones se realizan, principalmente y con mayor énfasis, en plantaciones que fueron sometidas a un rasurado previo, pero también a las que sólo son tratadas con Piñone CPA® o manejadas normalmente. Se hacen al menos cuatro o cinco fertilizaciones con dosis adicionales de nitrógeno, preferentemente acompañado con calcio (nitrato de calcio + urea) cada 15 días a partir del inicio del mes de noviembre, dado que se presume que estos elementos reactivan el crecimiento vegetativo de las plantas, en sacrificio de la floración. Es importante señalar que muchos problemas con bacteriosis en plantas y de frutos con coronas múltiples; coronas con tamaños y pesos mayores a los permitidos durante la cosecha, están asociados a estas aplicaciones adicionales de N, que –sin duda-, son consideradas excesivas para un programa normal de producción de piña.

En general, cualesquiera de los tres tratamientos mencionados, por muy correctamente que hayan sido aplicados en plantaciones en desarrollo vegetativo de cualquiera genotipo comercial disponible, pueden no funcionar en su objetivo de inhibir totalmente las floraciones prematuras invernales. Los resultados obtenidos utilizando los mismos métodos, aun cuando las condiciones ambientales parezcan iguales o similares entre años, son siempre diferentes. Esto es normal, ya que la suma de todos los factores que intervienen en este proceso pueden ser distintos en los diferentes años.

Cuando la aplicación de los tratamientos no logra evitar la aparición de las floraciones naturales indeseables, por lo menos se logra retrasarla hasta en un mes, o más, lo cual resulta también benéfico para el productor. Estos frutos prematuros, pero desfasados en su emergencia al menos 20 días, con respecto a los “totalmente naturales”, pueden ser tratados con Piñone CPA® (al finalizar su antesis o cierre de flores individuales) para retrasar su maduración hasta en 20 días, aumentar hasta en 25 % su peso, reducir 30 % el tamaño de su corona (mejora la proporción corona/fruto) y lograr cosecharlos en una época de menor abundancia de frutos “naturales” y, por lo tanto, de posibles mayores precios.

Esta diversidad de tecnologías de inhibición floral en piña, propuestas por el INIFAP desde hace años y recientemente reforzadas con la de ambiente protegido y consolidada en México, entre 2008 y 2015, ha permitido reducir la sobreoferta de fruta en épocas tradicionalmente saturadas, y trasladar esos volúmenes de cosecha

a otras con déficits y mayores precios del producto. El beneficio económico que estas tecnologías han generado por el desplazamiento de la sobreoferta de fruta a otra época deficitaria, justifica el financiamiento de la investigación que le dio origen.

7.8.3 Control de la maduración del fruto de piña

Para atender los compromisos y oportunidades comerciales que los productores y empresas han adquirido, las siguientes tecnologías permiten adelantar o bien, retrasar la maduración natural del fruto de piña, antes de ser cosechado (Rebolledo et al., 2011).

a) Tratamiento para el retraso de la maduración del fruto

El Piñone CPA® es una auxina que reduce la producción y acumulación de etileno también en la fruta de piña, lo que permite que permanezca más días sin madurar sobre la planta (Dalldorf, 1978; Soler 1985; Vieira, 1991 citado por Rebolledo et al., 2011), lo cual hace que la cosecha se retrase de una a cuatro semanas en función de la dosis utilizada, y su oportunidad y calidad de aplicación (Soler, 1985; Rebolledo et al., 1993 citado por Rebolledo et al., 2011). Esta hormona, mediante el retraso de la madurez (por bloqueo del etileno) y probablemente por una mayor elongación celular que provoca, logra que el fruto aumente su tamaño (hasta en 30%), sin embargo, su translucidez aumenta y disminuye el contenido de azúcar y la acidez titulable, mientras que la producción de hijuelos se incrementa (IRFA, 1984 citado por Rebolledo et al., 2011).

El producto Cloprop, ingrediente activo del Piñone CPA®, ha sido utilizado también para reducir el tamaño de la corona (Sampaio et al., 1997 citado Rebolledo et al., 2011). Con un contenido de ingrediente activo del 7 %, el Piñone CPA® puede ser utilizado para retrasar la maduración natural del fruto entre 10 y 25 días en promedio, según dosis y condiciones ambientales; sin embargo, con su uso: i) incrementa su peso hasta un 30 %; ii) reduce el tamaño y peso de la corona entre un 25 y 50 %, y iii) disminuye casi totalmente la presencia de frutos tipo “botella”, al permitir un período extra de crecimiento que logra el llenado de sus “hombros” y con ello, darle al fruto una forma cilíndrica, comercialmente más aceptada y cotizada. El producto tiene autorización solamente para su uso en México, por lo que no debe utilizarse cuando la fruta es destinada para exportación.

Dosis excesivas pueden traer problemas de agrietamiento de fruto (Soler, 1990), lo cual fue constatado por Orona (1992), quien obtuvo el 12 % de fruta agrietada cuando aplicó una sobredosis del producto en abril. Posteriormente, Rebolledo et al. (1998) encontraron que el porcentaje de frutos agrietados está en función de la dosis y la época del año en que se aplica el producto, de modo que al incrementar la dosis se obtienen porcentajes de agrietamientos más altos, en cosechas de noviembre o al inicio del invierno.

Cuando el tratamiento se aplica en fruta que se cosechará en la época de primavera-verano, ésta tendrá un ligero decremento en la acidez en el jugo, probablemente asociado a esto se deba la mayor susceptibilidad de los frutos tratados a la "mancha café", desorden fisiológico atribuido por cambios bruscos de temperatura y humedad ambiental. Orona (1992) encontró un 10 % de frutas con "mancha café" en aplicaciones de Piñone CPA®, en abril. En frutos cosechados en el invierno, los niveles de acidez del fruto no disminuyen significativamente.

Rebolledo et al. (2002) mencionan que la respuesta al Piñone CPA® está en función de la dosis utilizada, pero no depende del número de aplicaciones. Estos autores indicaron como mejor tratamiento el de 900 ml/ha en una sola aplicación, con 18 días de retraso y un incremento significativo en rendimiento (densidad de 25 mil a 30 mil plantas/ha), sin embargo, se produjeron algunos daños por quemaduras en las hojas "bajeras" de las coronas, lo cual no es bien aceptado por los compradores de todos los mercados.

Para contrarrestar los problemas estacionales que pueden resultar en la oxidación de los tejidos internos del fruto (mancha café), por déficit de ácidos orgánicos en la pulpa, el INIFAP sugiere las siguientes dosis para densidades entre 30 mil y 50 mil plantas/ha, además de sustituir el sulfato de potasio por el cloruro de potasio, en las que se cosecharán en primavera.

Aplicaciones de Piñone CPA® en primavera-verano. Las dosis sugeridas van de 1.0 a 1.5 litros de Piñone CPA®/ha, disueltos en 1,500 a 2,500 litros de agua para aplicaciones totales mediante aspersores de alto volumen o 170 ml de Piñone CPA® por cada tanque de 200 litros de agua para aplicaciones realizadas con aspersores de mochila. Se utiliza un promedio de 40 ml de la solución, por fruto.

Aplicaciones de Piñone CPA® en otoño-invierno. Las dosis del producto se reducen a la mitad, pero se utiliza la misma cantidad de agua antes mencionada:

500 a 750 ml de Piñone CPA®/ha disueltos en 1,500 a 2,500 litros de agua para aplicaciones totales y 85 ml de Piñone CPA® por cada tanque de 200 litros de agua. Es importante considerar la disminución de la dosis en esta época, ya que, de no tomarse en cuenta, se tendrán problemas serios con cuarteaduras de fruto y manchado de la pulpa, sobre todo en plantaciones mal nutridas o con excesos de nitrógeno y carencia de potasio y calcio, por ejemplo.

El Piñone CPA® se puede aplicar sólo cuando los últimos pétalos de las flores de la parte superior del fruto han secado, generalmente entre los 80 y 90 días después del Tratamiento de Inducción Floral, nunca antes, ya que en esa etapa todavía hay multiplicación celular. Aplicaciones de Piñone CPA® posteriores, entre 120 a 140 días después de la inducción, tienen un efecto menor que cuando se hacen inmediatamente después del final de la floración individual.

La aspersión de la solución retardante de la maduración debe ser uniforme y preferentemente dirigida a la bola del fruto, evitando que le caiga a la corona, porque la acumulación del producto en la base de sus hojas le puede provocar quemaduras (de leves a graves). Para las aplicaciones dirigidas, se utilizan varillas recortadas y modificadas para facilitar la aplicación, ya sea mediante aspersores de mochila o de alto volumen. En plantaciones con alta densidad y uniformidad de frutos adecuada, es posible aplicar el Piñone CPA® de manera total, con aspersores de alto volumen, pero deben extremarse las precauciones en la calibración del equipo, aplicando la cantidad recomendada del producto por hectárea, de lo contrario puede causar quemaduras serias a la corona.

A pesar de que no existe una respuesta significativa en el incremento de peso y retraso de la maduración, al dividir la dosis en una o varias aplicaciones, es frecuente que productores y técnicos la apliquen fraccionada (en dos y hasta cuatro aplicaciones), con el fin de reducir los evidentes efectos de posibles daños por quemaduras del producto sobre la corona del fruto, logrando que estos sean menores.

Debido a que el producto es fotodegradable, conviene preparar solamente la cantidad de solución a emplear en la próxima hora, para que la radiación solar no afecte su efectividad. La agregación de ácidos fúlvicos a la mezcla (dosis variable, según concentración), así como productos como el Agromil plus® en dosis de 2.5 a 3.0 litros/ha, puede mejorar el desempeño del producto.

Es necesario resaltar que la aplicación de Piñone CPA® de ninguna manera sustituye la aplicación de nutrimentos; por el contrario, se requiere que la planta tenga una nutrición balanceada y suficiente, para que el producto funcione adecuadamente, ya que se formará entre un 15 a 30 % mayor volumen de fruta. Así también, es frecuente que el porcentaje de frutos "acamados" o "ladeados" se incremente en los lotes tratados, como resultado de su anormal aumento de peso, por lo cual deben tomarse medidas preventivas al respecto y evitar mayores daños por quemaduras por sol, pudriciones por contacto con el suelo y curvaturas excesivas de las coronas.

b) Tratamiento para la desverdización del fruto

Se logra con la aplicación de etefon. Este tratamiento no adelanta la maduración del fruto, sino que provoca una desverdización o la pérdida rápida de la pigmentación verde (clorofila) de la cáscara del fruto, para que ésta se torne y semeje un color amarillo propio de una piña madurada naturalmente. La aplicación se puede realizar siempre y cuando el fruto haya alcanzado su madurez fisiológica, etapa conocida localmente como "sazón", con un contenido mínimo de azúcares que alcance los 12 °Brix. Esto coincide muchas veces con la etapa cuando los primeros frutos de la plantación (generalmente los de las orillas de las melgas) comienzan a colorearse de tonos verdes-amarillos, amarillo y anaranjados. Las frutas así tratadas pueden ser cosechadas de cinco a 12 días después de recibir el tratamiento, cuya eficiencia depende de la dosis utilizada, condiciones de radiación solar, temperatura y humedad ambiental y del suelo. Cuando las temperaturas son bajas y los días son cortos y nublados, el efecto puede ser nulo o simplemente tardar varios días más de lo normal.

Se debe tener presente que el fruto de piña, una vez cortado y separado de la planta que le dio origen, suspende su maduración natural y los grados brix a los que fue cosechado ya no se incrementan. Por ello, la aplicación de etefon en fruta tierna, fisiológicamente no madura, debe evitarse, ya que aun cuando esta fruta tome externamente un color amarillo, por dentro nunca llegará a su madurez fisiológica y de consumo, y su calidad interna será afectada gravemente.

Para definir las dosis más adecuadas, según densidad de siembra, edad de la fruta y condiciones ambientales prevalecientes, método de aplicación, entre otros,

se recomienda consultar las recomendaciones del fabricante o sus distribuidores. Éstas normalmente sugieren una sola aplicación de entre 4.0 a 8.0 litros de etefon 24 %/ha, diluidos en 2,000-3,000 litros de agua. Estas dosis equivalen en promedio, a 1.5 a 3.0 ml/litro de agua o 300 a 600 ml del producto comercial por cada tanque de 200 litros de agua, correspondiéndole de 40 a 50 ml de la solución, por fruto.

Para mejorar el desempeño del etefon y reducir la dosis utilizada de ingrediente activo, se debe mantener el pH del agua en valores de entre 3.5 y 4.0, lo cual se logra agregando previamente al agua de 1.0 a 1.5 ml de ácido fosfórico/litro de agua utilizada, o el equivalente de algún acidificante comercial que implique menos riesgos de manejo que el primero (ácido cítrico, por ejemplo). Nunca se debe aplicar etefon para desverdizar en agua sin acidificar al valor adecuado a esta práctica. De acuerdo a Zetina (2010), de 94 pozos profundos muestreados en la región del Bajo Papaloapan, casi el 5 % del agua contenida en ellos presentó valores de pH del líquido ligeramente superiores a 7.0; 35 % de 7.0 a 6.0, mientras que el 60 % restante estuvo entre 6.0 y 5.0, por lo que es necesario determinar previamente el valor del pH del agua a utilizar y, con base al resultado, realizar el tratamiento de acidificación según requiera.

El tratamiento debe aplicarse de acuerdo a las características de los frutos o el lote de interés, principalmente en el grado de uniformidad en su madurez, método de protección usado contra quemaduras por sol y programa de cosecha. Las siguientes, son las situaciones más frecuentes:

Alto grado de uniformidad en la madurez de los frutos. Cuando la plantación o lote de interés tiene un alto porcentaje de floración inducida y sus frutos presentan un estado de madurez externa e interna uniforme, es factible realizar el tratamiento de desverdizado mediante una sola aplicación, utilizando un aspersor de alto volumen, con el que se asperjan directamente los frutos y plantas, de manera total. Esta aplicación se puede realizar, independientemente de si los frutos están protegidos, ya sea totalmente con malla-sombra o con alguno de los otros métodos convencionales, como protección con hojas y pita o protección con papel periódico. También puede aplicarse manualmente y dirigida a cada fruto, con aspersores de mochila presurizados o bien, con apoyo del mismo aspersor de alto volumen, al cual se le conectan entre 12 y 14 extensiones con mangueras de 3 m de largo con su respectiva pistola, las cuales son adecuadamente manipuladas por los aplicadores.

Bajo grado de uniformidad en la madurez de los frutos. Cuando la plantación o lote de interés a desverdizar tiene un bajo porcentaje de uniformidad en la floración (natural o inducida) y sus frutos presentan un estado de madurez heterogéneo, independientemente del método de protección contra daños de sol utilizado, la aplicación debe realizarse, invariablemente, en aspersión dirigida a cada fruto. Esta condición de heterogeneidad es muy frecuente y ocurre cuando hubo fallas en la eficiencia y calidad del TIF o hay varias camadas de floraciones prematuras, ya sean invernales o de otras épocas del año. Pero incluso también se debe aplicar a frutos individuales, cuando en plantaciones muy uniformes sembradas para surtir preferentemente el mercado fresco, se quieran aprovechar frutos de cierto peso y forma para fines de exportación, a los que sólo a estos se les debe aplicar el tratamiento en cuestión.

En ambas condiciones, debe decidirse si la aplicación del tratamiento será en *aspersión general* (al fruto y corona, incluida parte de la planta), o debe ser *aspersión dirigida* a cada fruto, según convenga al productor.

En el caso de *aspersión dirigida*, si los frutos a tratar se encuentran destapados, la solución debe dirigirse exclusivamente a la bola del fruto, de la manera más uniforme posible y evitando salpicar a la corona; pero, cuando los frutos permanecen tapados, la mejor opción es que la solución con la hormona se aplique directamente sobre la corona, sin necesidad de bañar la bola del fruto, ya que esto permite una maduración más homogénea, aunque puede ser más lenta, sin tener que destapar los frutos y volverlos a tapar. De manera convencional, en fruta tapada con papel periódico, la aplicación se puede hacer por la parte superior de éste, en la base de la corona y por los espacios libres que quedan entre el fruto y el papel; si se tapa con las mismas hojas de la planta amarradas con rafia, se debe de tener cuidado de que el producto llegue al fruto de manera uniforme, ya que cuando la aplicación no es correcta debido a que las hojas obstaculizan la aplicación del producto, el fruto se torna “atigrado”, por tomar el color amarillo parcialmente y quedar bandas longitudinales verdes en él, que por el sombreado de las mismas hojas, se acentúan por el incremento natural del contenido de clorofila. Estos frutos “atigrados” no son aceptados para exportación, por lo que deben destinarse al mercado nacional, con la consecuente pérdida de una parte de su valor comercial.

El tratamiento de desverdización es comúnmente aplicado a cualquier hora del día, aunque se recomienda hacerlo preferentemente durante la mañana, para que el producto ingrese por lo estomas abiertos al interior de los frutos y desempeñe su función con mayor eficiencia. Se debe asegurar que la mezcla con el producto se aplique de tal forma, que la cáscara del fruto quede "mojada" de manera uniforme. Se debe evitar su aplicación cuando amenace la presencia de lluvias, ya que el producto se lava fácilmente.

7.9 Protección de plantas y frutos contra quemaduras del sol

Durante casi todo el año la radiación solar directa provoca quemaduras o "golpes de sol" a los frutos de piña, lo cual hace que pierdan valor comercial (Rebolledo et al., 2011). La susceptibilidad a los golpes de sol es mayor en los dos últimos meses de su crecimiento y desarrollo, cuando incrementan de manera significativa el contenido de agua en su interior. Sin embargo, los daños que las hojas y frutos presentan durante todo su ciclo de desarrollo, indican claramente que los valores de radiación que inciden durante el día, son mayores a los que el cultivo de piña requiere para su desarrollo normal. Aunque las altas temperaturas ambientales están casi siempre presentes cuando ocurren quemaduras evidentes, al parecer estos daños son más debidos a la incidencia de grandes cantidades de rayos ultravioleta tipo B, los que no necesariamente ocurren en días muy calurosos, pues las frutas se "queman" aun en días cuando la temperatura ambiente sea un tanto agradable.

Los daños más graves y constantes (mayor número de días con este riesgo) por quemaduras de plantas y frutos por radiación solar excesiva ocurren casi siempre durante la primavera (marzo, abril y mayo), que regionalmente corresponde a la época más seca y caliente del año y también a la menos nublada. Le sigue el verano (junio, julio y agosto) y parte del otoño (sólo septiembre y octubre), con un grado y frecuencia de riesgo un poco menor, ya que en esos meses los días nublados reducen la cantidad de radiación recibida y la temperatura ambiental. Finalmente, el fin del otoño (noviembre) y todo el invierno (diciembre, enero y febrero) se consideran las épocas con la menor probabilidad de daños, esto como resultado de los prolongados días nublados, lloviznas y bajas temperaturas por la incidencia de alrededor de 50 o más, de los denominados regionalmente "nortes",

provocados por la llegada a nuestro país de masas o sistemas de aire frío procedentes de Canadá y EUA (Rebolledo et al., 2011).

Aunque los mayores valores promedio de intensidad de radiación solar registrados durante el año, coinciden con los de mayor frecuencia y gravedad de quemaduras en fruto y plantas, en realidad el riesgo de que ocurra un día o un período de varios días seguidos, con valores suficientes para provocar daños a la fruta, está presente durante todo el año. Así, productores y técnicos con mucha experiencia mencionan que han tenido alguna presencia de daños por quemaduras en fruto, cuando por una errónea expectativa de ahorrar gastos en mano de obra, equipo y materiales, no protegieron el fruto con la debida antelación y perdieron gran parte del valor de sus cosechas. Con ello, han aprendido que es mejor no arriesgar la cosecha, ya que la intensidad de la radiación solar es un factor impredecible en el corto tiempo y puede cambiar drásticamente de un día a otro, afectando en sólo unas cuantas horas, frutos que son producto de muchos meses de atenciones e inversiones económicas.

Las quemaduras o golpes de sol afectan de manera más crítica a los frutos de piña, pero también a las plantas en desarrollo y sus vástagos. Las hojas B y C son las más afectadas de la planta, ya que son las más extendidas y activas, las cuales pierden gran parte de su capacidad fotosintética (50 % o más) y por ello muchas no alcanzan su máximo potencial de crecimiento, desarrollo y productividad, dejando de aportar fotosintatos para el mantenimiento de la propia hoja, planta y el futuro fruto. Mientras tanto, en las plantaciones ya con frutos, estos pierden valor comercial conforme el daño es mayor y notorio.

Durante el invierno, las plantas de piña cultivadas a cielo abierto (sin malla-sombra) en pleno crecimiento vegetativo, aunque no presenten daños directos evidentes por quemaduras, tienen altibajos en su metabolismo diario por los bruscos diferenciales térmicos a que están sometidas, lo cual genera estrés en la planta, provoca la disminución de sus tasas fotosintéticas y en algunas de ellas provoca reacciones fisiológicas que las induce a floraciones prematuras indeseables. Los daños por exceso de radiación en estas plantas, aun sin fruto, pueden presentarse hasta en un 80 % de ellas, principalmente entre marzo y octubre, pero también ocurre al final del otoño y primera mitad del invierno, supuestamente en los meses menos críticos.

Si bien las plantas sufren por los excesos de radiación durante su ciclo productivo, en general es el fruto el más susceptible a sufrir daños severos durante los tres o dos últimos meses de su desarrollo, esto en la medida en que va acumulando más agua en sus tejidos y los valores de radiación son mayores, ya que el agua contenida en la pulpa, cada vez en mayor porcentaje conforme avanza la maduración, es la responsable de acumular y trasmitir por conducción al interior del fruto, el calor que genera la radiación que incide en su superficie. En casos extremos los daños pueden alcanzar más del 80 % de los frutos, principalmente en plantaciones con bajas y medianas densidades, seguramente por ser frutos más grandes, por estar más expuestos a los rayos solares (algunos ladeados por el mayor peso) y, generalmente, por cosecharse cuando están con un grado de madurez comercial y contenido interno de agua en campo, casi el máximo, como es común en plantaciones especializadas en piñas grandes a medianas para el mercado nacional en fresco.

Los frutos de piña del híbrido MD2 destinados a la exportación en fresco presentan menores daños relativos, ya que se cosechan, en promedio, entre 15 y 30 días antes de que maduren de manera natural, en contraste con los que se destinan al mercado fresco nacional, los cuales se cosechan con una madurez natural más avanzada (hasta del 100 %), según gustos, exigencias y distancias a los diferentes mercados en el país.

Los tipos y grados de daño en fruto son variables y pueden iniciar desde que la inflorescencia brota del cogollo de la planta, hasta un día antes de su cosecha, si no hay la protección adecuada. Hay experiencias en las que después de un primer corte de fruta, cuando todo el piñal bajo malla-sombra o algunos frutos se han dejado desprotegidos por solo un día o incluso unas horas, han resultado con daños internos, no visibles inmediatamente después de la cosecha, pero que inevitablemente se manifestan durante el proceso de traslado del fruto a sus puntos de comercialización, exhibición y venta final al consumidor.

Cuando el fruto en formación brota del cogollo de la planta, 40 a 45 días después del TIF, la excesiva radiación del mediodía puede quemar el meristemo apical provocando el consecuente desarrollo de sus yemas laterales, lo cual da como resultado un fruto con corona múltiple. Después, una vez que el pequeño fruto avanza en su crecimiento y queda expuesto a diferentes intensidades de radiación,

los tejidos de la cáscara pueden ser alterados desde daños leves caracterizados por una ligera deformación y decoloración del lado más expuesto, hasta la total destrucción del fruto por graves quemaduras, deformaciones y cocimiento de la pulpa en áreas adyacentes al punto de daño. Algunas veces, cuando los frutos se ladean y la protección es insuficiente, el daño externo puede no ser muy evidente, pero internamente los frutos ya están "cocidos", por lo que su vida de anaquel es muy corta y su sabor es desagradable.

7.9.1 Métodos convencionales de protección de fruto

De manera general, el 80 % de la protección a los frutos se brinda poco antes de que estos alcancen su madurez fisiológica y el período que le sigue, hasta su cosecha, lo cual se ha logrado parcialmente con los métodos tradicionalmente utilizados en la región piñera del Bajo Papaloapan desde hace 100 años, ya sea con zacate, papel periódico o con las mismas hojas de la planta amarradas con rafia alrededor de la bola del fruto (Rebolledo et al., 2011). Sin embargo, las deformaciones y quemaduras al fruto cuando está más tierno, se reducen, o incluso evitan, al cubrir las plantas madre uno o dos meses antes del TIF o de que las inflorescencias broten del cogollo, después del TIF. Esta protección "adelantada" a los frutos, debe darse de manera adicional a la que se les brinda durante el último período de formación y máximo desarrollo, antes de iniciar su maduración. Protegerlos antes de su emergencia, puede representar hasta un 25 % de mayor peso, mejor forma (sin deformaciones, ni coronas múltiples), vista más atractiva y el doble de vida de anaquel, esto se logra únicamente con la protección que aporta la malla-sombra, aplicado de manera oportuna y con el grado de sombra adecuado a la época o temporada.

Independientemente del método convencional utilizado, existe una evidente y arraigada creencia entre productores y técnicos de que proteger o tapar el fruto antes de tiempo (antes de que se noten las quemaduras, de manera muy evidente), reduce su desarrollo, forma, peso y calidad final, por lo que tratan de hacerlo lo más tarde que sea posible, casi siempre con la esperanza de que los frutos no se dañarán porque las condiciones de radiación serán bajas, además de que creen que el evitar taparlos o retrasar la práctica, les recompensará ahorros sustantivos e importantes para su economía, lo cual es totalmente cuestionable, pues frecuentemente los pronósticos fallan y muchos frutos se queman de manera innecesaria.

El método de protección mediante el “amarre de hojas, con rafia”, es el que más ventajas tiene de los convencionales, ya que: i) permite ver –al menos parcialmente– la forma, tamaño y grado de madurez del fruto sin remover del todo el “amarre”; ii) el porciento de frutos con “mancha café”, se reduce con respecto a los protegidos con papel, ya que el ambiente alrededor de él es menos extremo. Así, rodeado y protegido el fruto con las mismas hojas de la planta, se logra más eficiencia de sujeción que en otros métodos, lo que evita que la mayoría (no siempre todos) se ladeen o se acamen, y iii) la rafia utilizada puede reutilizarse al menos por otra ocasión, aunque al final casi siempre se desecha en los mismos campos o en caminos vecinales del predio, lo que representa una contaminación pasiva, no muy evidente, pero real y preocupante.

Independientemente del método empleado, debe proporcionarse la mayor protección en el lado del fruto que está orientado al poniente, por ser la parte que recibe la mayor cantidad de radiación durante el día (Rebolledo et al., 2011). Esto es particularmente importante cuando las hileras de piña se siembran en paralelo al tránsito del sol durante el día (de este a oeste), ya que así, las frutas y sus partes más sensibles (hombros y cintura) quedarán más expuestos a los rayos directos del sol, incrementando el porcentaje de frutos dañados hasta en un 80 %. En cambio, en una siembra cuyas hileras están orientadas de norte a sur, sólo las plantas y frutos de los orilleros del sur quedan directamente expuestos a los rayos directos del sol, mientras que los frutos del interior se protegen entre ellos, al quedar en filas opuestas al punto de emisión de la radiación. Aunque esto no resuelve el total de los daños o la probabilidad de que ocurran, sí los reduce, por lo que se sugiere que las plantaciones estén orientadas de norte a sur, sobre todo para los lotes a cosechar en las épocas del año con mayor daño por quemaduras.

Recurrir a *proteger los frutos con restos de zacates*, además de encarecer la práctica, incrementa el riesgo de que queden semillas y restos del material vegetativo viable entre las hojas de la corona o de los ojos del fruto, lo cual es motivo de rechazo en frutas de exportación, por normas cuarentenarias establecidas por EUA, nuestro principal comprador de piñas del mundo.

Sin embargo, con cualquiera de los métodos convencionales utilizados regionalmente, la corona, parte de la cáscara del fruto de piña y casi la totalidad del resto de la planta y los vástagos más desarrollados, quedan expuestos a la excesiva

radiación y sufren un visible deterioro. Cuando los lotes son cultivados de manera tradicional (suelo desnudo y cielo abierto), en épocas de extremo calor e intensidad de radiación, el meristemo apical de las pequeñas coronas de los frutos recién emergidos y en pleno desarrollo se quema, por lo que rebrotan yemas laterales y resultan en coronas múltiples, totalmente rechazadas por el mercado fresco de exportación y muy castigados en los otros mercados regionales. Aunado a todo lo anterior, bajo los métodos convencionales, los frutos son cosechados con temperaturas internas muy elevadas, lo cual es uno de los motivos por lo que la vida de anaquel de la fruta se reduce o su enfriamiento adecuado para su exportación, en contenedores refrigerados, se dificulta y encarece.

7.9.2 Protección del fruto con malla-sombra 50%

A partir de 2008, una vez demostrado en experimentos y parcelas comerciales de validación, que la opción más efectiva, práctica y rentable en el corto, mediano y largo plazo para evitar los daños por golpe de sol en la fruta de MD2 para exportación en fresco, es el uso de la malla-sombra plástica (Sarán, como también se le conoce en Centroamérica) color negro y 50 % sombra, evaluada y propuesta por el INIFAP para varios fines, siendo el de la protección del fruto de piña MD2 el originalmente buscado (Rebolledo et al., 2011).

Posiblemente, 50 % sombra no es suficiente para evitar totalmente los daños por sol en épocas críticas, en el caso de frutos de Cayena Lisa para el mercado nacional (grandes y con maduración natural media-alta), por tanto, mallas-sombra con grados de sombra de entre 65 a 70 % sean los mejores para estas plantaciones con frutos, morfológicamente más susceptibles a daños por la excesiva radiación ultravioleta tipo B, dejando las mallas-sombra 50 % para épocas menos radiantes, o incluso, hasta de 35 a 40 % para las épocas de menor radiación y daños por quemaduras, según necesidades y criterios de los productores y técnicos responsables de las plantaciones a proteger.

Entre las ventajas generales de la malla-sombra, están: i) genera un microambiente o ambiente protegido en su interior que mantiene valores más aceptables y homogéneos de temperatura y humedad para el crecimiento de las plantas, frutos e hijuelos durante el período de protección, ya que las temperaturas máximas extremas se reducen entre 5 y 8 °C (sólo las máximas, ya que las mínimas

son similares a las del medio ambiente externo); ii) lo anterior permite a su vez aumentar las horas con temperaturas ambientales favorables para la actividad fotosintética (menores a 35 °C), por lo que las plantas no dejan de evapotranspirar y por lo tanto, "trabajan" más tiempo para su mayor beneficio y crecen a ritmos más acelerados y en ciclos más cortos; iii) dentro del ambiente protegido, la velocidad de los vientos que acompañan a los "nortes" y "suradas", disminuyen en ese microclima artificial, por lo que las plantas se comportan diferente y mucho mejor a las que están cultivadas a cielo abierto, donde se deshidrata tanto el suelo, plantas y frutos en su diferentes etapas del ciclo, principlamente cuando estos vientos son secos; iv) la cobertura que hace la malla-sombra disminuye la temperatura y la evaporación y, por lo tanto, la humedad del suelo y la planta se conservan por más tiempo, teniendo un impacto positivo en la economía del agua, ya sea de temporal o riego; v) por la misma razón, también los productos agroquímicos, orgánicos y biológicos tienen mayor efectividad, pues no son degradados por el exceso de radiación, altas temperaturas o falta de humedad, antes de actuar; vi) bajo este ambiente, el cultivo mantiene un ritmo de crecimiento más constante, evitando condiciones de estrés que resultan en floraciones prematuras 50 % menores a las que se presentan a cielo abierto; vii) cuando se coloca un mes antes del Tratamiento de Inducción Floral (TIF), aumenta su eficacia, calidad y eficiencia, y disminuye en más del 70 % la presencia de frutos con coronas múltiples y deformes; viii) su protección mejora en 20 % el tamaño y calidad de los frutos, al resguardarlos de los rayos directos del sol durante todo su desarrollo, hasta su cosecha; ix) disminuye, en parte, (según densidad de población y tamaño del fruto), el porcentaje de frutos acamados, al quedar varios de estos detenidos con su corona al tejido de la propia malla-sombra; x) cuando la malla-sombra es adecuadamente colocada (al nivel del suelo), ésta funciona como una barrera física para algunas plagas (barrenador, picudo, grillo, aves etc.), por lo que el daño disminuye de manera evidente; xi) las deformaciones del fruto provocadas por todos los factores negativos, evadidos por el efecto protector de la malla-sombra, disminuyen y su apariencia se mejora, asimismo, la vida de anaquel se alarga, por lo que el precio de venta de la fruta se incrementa; xii) además, al retirar la malla-sombra durante la cosecha, permite al cortador ver directamente y sin obstáculos, el tamaño y grado de madurez de cada fruto sin tener que remover el manojo de zacate, trozo de periódico o amarre de hojas y rafia, como en los métodos convencionales; xiii) es el único método que posibilita la protección efectiva y

rentable de los frutos contra el sol, en la primera, segunda e incluso tercera cosecha, y xiv) evita un sobretránsito del personal de campo en el interior de las plantaciones, lo cual resulta en menos daños a las plantas y hojas, menor incidencia de enfermedades fungosas y bacterianas, mucho menor compactación del suelo y rasgaduras al acolchado plástico, en caso de usarlo (Toral et al., 2013).

Las ventajas económicas del uso de malla-sombra con respecto a los métodos convencionales, son varias, ya que aun cuando su adquisición representa un costo inicial elevado ($80,000 MX o $4,000 USD por hectárea), para recuperar esta inversión por el valor extra que le da a la fruta, basta con usarla cuatro veces para proteger las cosechas de exportación (seis meses de uso en cada lote a proteger). Otra forma para estimar la amortización de esta inversión, es considerar como base el equivalente al costo promedio de tapar o proteger al fruto, a densidades de 50 mil a 60 mil plantas/ha con los métodos convencionales (periódico y hojas y rafia), lo cual se calcula en $15,000/ha (1 “tapa” y 2 “retapas”); así entonces, el costo total de la malla-sombra se recupera con solo seis “posturas” (al menos tres meses, aunque lo ideal son 5 a 6 cada uno), que equivale a lo invertido en proteger a los frutos de cinco lotes comerciales de piña, durante sus dos últimos meses previos a su cosecha, con cualquiera de los otros métodos convencionales. Debe resaltarse que mientras en los métodos convencionales el 100 % de los gastos de inversión son irrecuperables (insumos, mano de obra y operativos), cuando se utiliza la malla-sombra sólo son irrecuperables el 20 % (10 jornales de $150 c/u [$1,500], más dos fletes de $600 c/u [$1,200], que hacen un subtotal de $2,700); los restantes $12,300 quedan destinados a la amortización de la malla-sombra, la cual es 100 % reusable, al menos por cinco ocasiones más, aunque se tienen mallas con 4 a 7 años de uso constante en campo (10 a 16 posturas) y aun son útiles.

Se debe tener presente que los métodos convencionales para proteger de los daños por sol a los frutos de una hectárea de piña, con una densidad regional promedio de 45 mil plantas/ha, implican: el traslado a la plantación y el salario de al menos 45 a 55 trabajadores de campo, como amarradores (1,000 frutos/jornal); renta del vehículo para el transporte del personal y los insumos requeridos; el salario del chofer; el combustible del vehículo; el salario del supervisor técnico para asegurar una jornada de al menos seis horas efectivas de trabajo en campo y el cumplimiento de las metas; el costo de los insumos a utilizar, por ejemplo el comprar

la rafia suficiente y acondicionarla para tener 45 mil piezas de 50 cm, previamente cortadas para realizar el amarre de las hojas y frutos, o bien, sus equivalentes 45 mil recortes de papel periódico de 28 cm de ancho por 32 cm de largo, el costo del papel y del recortado, así como el engrudo para pegarlos.

El costo de cubrir los frutos de una hectárea de piña de exportación, de mediana densidad de siembra (50 mil plantas/ha), implica gastos de al menos 50 jornales de $150 c/u ($7,500), 55 kg de rafia (o papel periódico) a razón de $60 /kg ($3,300), más tres fletes de $600 c/u ($1,800), lo que da un total de gastos por "tapa" de $12,500/ha, 100 % clasificados como irrecuperables (esto, en el sentido de que no pueden a volver ser utilizados de manera directa, para otras ocasiones). Además de la "tapa" de los frutos, se deben realizar al menos una o bien dos "retapas" durante el período de cosecha, de acuerdo al número de cortes que se le hagan al lote en cuestión: esto, porque los cortadores antes de cortar un fruto deben destaparlo para asegurar que su tamaño y grado de madurez cumple con lo solicitado. En la práctica, varios de los frutos que se destapan no cumplen con los requisitos solicitados, por lo que varios se quedan sin cortar, pero descubiertos y nuevamente expuestos al sol, por lo que hay que volver a taparlos. Finalmente, el costo de cubrir la fruta se eleva, a por lo menos $15,000/ha.

Información obtenida por el INIFAP, en campo, confirmada con el personal técnico de varias de las empresas que utilizan este componente técnico, muestran que, bajo manejo intensivo, una malla-sombra 50 % de buena calidad, recurso técnico portátil y reutilizable, tiene una vida útil de hasta seis a siete años, de acuerdo a su calidad de fabricación, cuidados en su manejo e intensidad de los programas y fines comerciales. Incluso, si tan solo se le asignara una vida útil de cuatro años en promedio (tres a cinco años), equivalente a 20 períodos de protección cortos (dos a tres meses cada uno), o mejor aún, a ocho períodos de protección largos (seis meses cada uno), con todo y eso, resultaría totalmente rentable. Así, ya sea con períodos de protección más cortos o más largos, este método o tratamiento de protección se hace cada vez menos costoso que sus contrapartes (métodos convencionales), al permitir prorratear la inversión inicial y sus intereses entre un mayor número final de eventos o servicios realizados con este recurso técnico.

Para proteger los frutos de una hectárea efectiva de piña con malla-sombra, desde su etapa de preinducción floral, independientemente de la densidad de

siembra utilizada, bastan 11,250 m^2 de ella, los cuales pesan 850 kg y cuestan en promedio $75,000. Para poder transportarla a los campos de producción y manipularla fácilmente en la plantación (colocarla, recogerla o retirarla, a conveniencia), deben adquirirse 13.5 unidades de malla-sombra de 16.46 x 50.0 m (c/u de 823 m^2). Con ellas se cubrirán 334 m lineales de plantación, en una melga de 30 m de anchura, o su equivalente de 668 m lineales por 15 m de ancho (media melga). Para colocarla y dejarla debidamente asegurada se requiere de seis jornales ($900), en una jornada de seis horas de trabajo y 8.0 kg de rafia ($500) para hacer los amarres necesarios, para la adecuada sujeción de la malla-sombra.

Este método además de ser el más eficiente y rentable, permite una mayor oportunidad y capacidad de respuesta para la aplicación de una protección efectiva de los frutos, en campo, contra daños del sol. Esto es muy evidente en alguna emergencia; por ejemplo, cuando de manera imprevista ocurren condiciones de alta radiación que pueden, en un solo día, quemar por sobreexposición solar a la mayoría de los frutos de un lote, aún no protegido. Para hacerlo rápido y bien en una sola hora, bastan 16 trabajadores de campo para colocar la malla-sombra suficiente para cubrir una hectárea; esto equivale a proteger al menos 6 ha por día con ese mismo equipo de trabajo; en comparación, ese mismo grupo de trabajadores de campo sólo podrían tapar 16 mil frutos en toda una jornada de trabajo, equivalente a sólo un tercio (0.3) de una hectárea con una densidad intermedia de 50 mil plantas/ha, es decir, que tardarían tres días en tapar los frutos de una sola hectárea, o 17 días en proteger las mismas 6 hectáreas que lograron cubrir con la malla-sombra, en un sólo día.

De acuerdo a la estricta calificación de frutos que se hace para la piña de exportación, los resultados también demuestran, que con el uso de la malla-sombra, se protege prácticamente el 100 % de los frutos de un lote comercial, mientras que con los otros métodos al menos un 30 % de ellos se rechazan por daños por sol (desde leves a graves). Sin embargo, y aunque esto es la generalidad, existen comentarios entre técnicos encargados de las plantaciones y programas de cosecha de fruta de exportación, de que se han presentado condiciones especiales –cada vez más frecuentes– en los meses más críticos del año, donde fruta de tamaño, edad y grado de maduración que normalmente no presentaba daños por sol, los ha presentado de manera significativa, lo que pone en la mesa de discusión

la posibilidad de tener que elevar el grado de sombra en las mallas a utilizar en esos períodos críticos.

El uso de la malla-sombra 50 % implica, en algunas temporadas del año, un retraso de uno o dos días en la cosecha de los frutos, pero con las ventajas en rendimiento y calidad ya mencionadas. El tratamiento de desverdización es mucho más eficiente, por estar los frutos sin hojas o periódico que obstaculicen la aplicación y absorción uniforme del etefon. Durante su cosecha, los frutos protegidos con malla-sombra registran de 2.7 a 3.5 °C menos que los protegidos con métodos convencionales, lo cual es importante para reducir los costos del proceso de preenfriado, y para aumentar hasta en 12 días su vida de anaquel.

La malla-sombra color negro y tipo híbrida, con una proporción de sombra/luz del 50-50 %, ha demostrado ser la más práctica y adecuada para su uso en piña, principalmente la destinada al mercado fresco de exportación, bajo las condiciones agroclimáticas de las regiones productoras del Bajo Papaloapan y La Chontalpa, en México. Sin embargo, es necesario resaltar que en algunas plantaciones cuyas cosechas se comercializan principalmente para el mercado fresco nacional, se han presentado frutos con daños por quemaduras graves (externas e internas) durante los meses de mayor temperatura y radiación (abril, mayo y junio), a pesar de estar protegidos con malla-sombra 50 % en tiempo y forma. Esto se debe a que son plantaciones establecidas a densidades bajas y medianas (30 a 40 mil plantas/ha), la mayoría de Cayena Lisa con frutos con un peso mayor a 2.5 kg, muchos de ellos ladeados (por su excesivo peso) y con un estado de madurez natural al corte de "¼ de cara" o aún mayor (Grado 2 a 3). Cuando esto ocurre, lo que es relativamente frecuente entre marzo y agosto, muchos de esos frutos se deben desechar y los de otros lotes, que sufrirán de esa misma condición, deberán cosecharse más verdes o tiernos (con menor porcentaje de agua), antes de que ocurra el daño. Para este tipo de frutos, en época de excesiva radiación, 50 % de sombra puede no ser suficiente para protegerlos y se tiene que recurrir a un 60, 65 o, quizás, 70 % de sombra, como lo más adecuado.

También se tienen evidencias de que, durante noviembre, diciembre y enero, para cultivos con altas densidades (60 mil a 70 mil plantas /ha), 50 % de sombra puede resultar excesivo, y el rendimiento y calidad del fruto puede disminuir hasta en un 10 % o quizás menos. Esto se debe a un exceso de sombreado provocado por las mismas

hojas de las plantas, las cuales se desarrollan muy apiladas por lo que crecen más en busca de luz, reduciendo con ello su tasa fotosintética. Para esa época invernal y densidad de siembra, puede ser que la malla-sombra de sólo un 35 o 40 % de sombra, cumpla satisfactoriamente con su función protectora, ya que para los restantes nueve meses del año (febrero a octubre), al parecer la malla-sombra 50 % es la más funcional.

De lo anterior, surge la pregunta de si es viable y rentable adquirir malla-sombra de mayor o menor graduación, para utilizarla solamente durante los meses en los que 50 % de sombra no es del todo adecuado, ya sea por excederse o quedar corta en el porcentaje de sombra. En la práctica, no se conoce a productor o empresa alguna que a la fecha lo haya hecho, pero hay varias que están explorando esa posibilidad, por lo que el INIFAP tiene en campo algunas pruebas al respecto, no solo dirigidas a proteger fruto ya en desarrollo, sino también a plantillas desde su establecimiento, hasta que están próximas al TIF, con diferentes grados de sombreado a evaluar.

Cuando el calor y la radiación solar son excesivos, aun con la malla-sombra 50 % ya puesta, algunos productores ayudan de manera adicional –principalmente– a los frutos que están “ladeados” para no quemarse, y también a otros que están evidentemente “expuestos”, aplicando en ellos alguno de los métodos convencionales ya descritos (“tapa” con periódico, hojas y rafia, etc.), lo cual es evidente que encarece el costo de protección del fruto, pero que resulta totalmente necesario en este tipo de emergencias.

Algunos métodos alternativos, como lo es el aplicar lechadas de cal (carbonato de calcio) con algún adherente natural o de algún producto comercial y autorizado con base a caolinita (como el Surround®), ya sea totalmente cubriendo al fruto o bien sólo del lado más expuesto del fruto a sufrir la quemaduras, cuando se usan solos y los frutos se cosechan con grados de maduración superiores a 1 o 2, han demostrado ser totalmente ineficientes en evitar quemaduras externas e internas durante esa época crítica, por lo que de ninguna manera se sugiere su uso para esos fines. Sin embargo, estos pudieran funcionar bien o parcialmente bien si se usan para proteger frutos destinados a la industria procesadora con fines de hacerlos rodajas, ya que en ese caso, el grado de madurez requerido en la cosecha es menor a 1, cuando la fruta está “sazona” y todavía con poca agua en su interior,

por lo que el riesgo de quemadura es reducido, aunque no imposible. Así también, este recurso técnico puede ser utilizado como complemento a la malla-sombra, aplicando el producto sobre la superficie del fruto a proteger (no sobre la malla-sombra), cuestión que deberá probarse experimentalmente, antes de sugerirla comercialmente.

Una práctica que productores y técnicos con experiencia en el uso de la malla-sombra realizan entre fines del otoño y la mitad del invierno, cuando los días son más cortos y hay nubosidad por los frecuentes "nortes" de la temporada, es ir dosificando los períodos de sombreo de las plantaciones, colocando o retirando la malla-sombra a criterio, según la radiación que se vaya presentando diaria o semanalmente. La planta, en días nublados o de baja temperatura, recibe la totalidad de la radiación sin tener problemas de exceso y crece al mayor ritmo que las condiciones le permiten, mientras que, en los días soleados, la malla-sombra debe quedar colocada sobre el dosel de manera normal. Aunque estas maniobras implican mayores gastos, resultan más prácticas y económicas, que utilizar exclusivamente alguno de los otros métodos convencionales.

Una alternativa aún no probada comercialmente, pero dirigida a no afectar plantas y frutos por exceso o falta de sombra en alguna época del año, es tener malla-sombra de al menos tres diferentes graduaciones (35, 50 y 65 % sombra), para usarlas cada una –la más adecuada, en su oportunidad– para proteger: i) plantillas en estado vegetativo inicial, contra la excesiva radiación durante la primavera y verano; ii) plantillas con desarrollo vegetativo intermedio, para que no tengan floraciones prematuras indeseables durante el invierno; iii) plantillas próximas a recibir el TIF en primavera y verano; iv) plantaciones ya inducidas a floración, antes de que las inflorescencias o pequeños frutos en formación reciban demasiada radiación y sus tejidos se dañen y se deformen, y v) frutos en estados medios y avanzados de desarrollo, tanto en primavera y verano (altos riesgos de quemaduras), como en otoño (riesgos intermedios) e invierno (bajo riesgo), pero estos dos últimos, con períodos de luminosidad más reducida y en donde los mayores porcentajes de sombra (50 y 65 %) pueden resultar contraproducentes en plantaciones con altas densidades de población, donde ya de por sí, el follaje es abundante. La idea es darles uso todo el tiempo y durante todo el año, para amortizar más rápido su costo.

A la fecha, el modelo, diseño o presentación comercial de malla-sombra más práctica, ligera, resistente y finalmente más rentable, es la tipo híbrida, 50 % sombra (o del % que decida el usuario), fabricada con hilos monofilamento (redondos) y cintas (planas) de polipropileno color negro, entrecruzados y amarrados en sus puntos de contacto (esto evita los corrimientos entre hilos), con peso de 50 g/m^2, con aditivos para protección antioxidante y de rayos ultravioleta que le garanticen una vida útil de al menos cinco años. De acuerdo a múltiples experiencias regionales durante el proceso de validación de esta tecnología, las mallas-sombra del tipo Rashel (polietileno de alta densidad 100 % virgen anti-UV, con tejido entrelazado que no permite deshilacharse, con peso de 80 g/m^2, con tres años de garantía) disponibles en el mercado en ese transcurso, demostraron ser 20 % más baratas que las híbridas, pero también mucho menos resistentes; mientras que las del tipo monofilamento (polietileno de alta densidad, tejido cuadriculado que al cortarse se deshilacha con facilidad, con peso de al menos 125 g/m^2 y seis años de garantía) fueron 20 % más costosas que las híbridas, pero también las más pesadas, difíciles de transportar, instalar y manipular en campo, por lo que su uso comercial es muy bajo.

Actualmente, en el mercado regional existen varias marcas comerciales de malla-sombra de diferentes características y precios, la mayoría de calidad y durabilidad no evaluadas en campo, por el tiempo suficiente para conocer si realmente son adecuadas para ser usadas en piña, ya que varias, en menos de tres, dos o incluso un año, dejan de ser funcionales por las múltiples rasgaduras que presentan, principalmente en la parte donde se une la malla-sombra con la cintillas de los bordes en los que están los “ojillos” que permiten su estiramiento y tensión o bien, donde están zurcidas las bandas individuales de 3 m que conforman finalmente la malla-sombra, confeccionada de 16.46 m de anchura por 25, 50, 75 o incluso 100 m de largo, como se requiere en piña.

Aunque la longitud de las mallas-sombra puede ser variable, todas deben tener 16.46 m de ancho, con el fin práctico de cubrir sólo la mitad de las melgas de 30 m de ancho. De acuerdo a la experiencia, al parecer son las de 50 m de largo las más prácticas, ya que si tienen mayor longitud, su manipulación se dificulta; se maltratan las plantas, los frutos y las mismas mallas, además de que se emplea más mano de obra en las operaciones. Los productores y técnicos responsables de la protección

de las plantaciones también consideran el uso de tramos de malla-sombra de menor longitud, de 10 a 15 m, para cubrir o "parchar" las áreas que las de mayor longitud no alcanzan a proteger.

Toda la malla-sombra debe tener ojillos metálicos, de preferencia inoxidables, insertos cada 1.0 o 1.5 m máximo, y bien ubicados en la parte central de la cinta protectora perimetral debidamente reforzada, ya que de otra manera la malla-sombra no podrá sujetarse firmemente y de la manera correcta, principalmente para que los fuertes vientos de los "nortes" (de hasta 80 km/hora) no la levante de algún lado mal sujetado y finalmente la arranque, desgarrándola y dejando sin protección a los frutos y plantas del lote afectado.

Entre los errores más frecuentes que ocurren cuando se utiliza malla-sombra, están: i) emplear unidades más angostas de lo requerido, por lo que quedan frutos y plantas desprotegidas, tanto a excesos de radiación como a plagas que, sin esta protección les es más fácil atacar al fruto; ii) tensarlas más de lo conveniente, lo que provoca rasgaduras del tejido interno, rotura de cintillas protectoras y daños a plantas y frutos por "apretujamiento" y quebradura de tejidos; iii) que no tengan suficientes "ojillos" ni buena calidad de ellos (material metálico, inoxidable) para asegurarlas correcta y firmemente; iv) que la malla-sombra, en el frente de la melga que recibe el mayor impacto de los vientos más violentos de la temporada, quede mal sujetada –desde el ras del suelo– y expuesta a ser levantada y dañada; v) que el porcentaje de sombra no sea el adecuado (por déficit o exceso de sombra), para los fines buscados en tal o cual época del año; vi) el no dejar los suficientes y necesarios "pasos de burro", como se les denomina a los accesos, pequeños caminos o espacios libres de 1.0 m de ancho, que se dejan cada 50 m (o múltiplos de la longitud de las mallas-sombra a utilizar), trazadas de manera transversal e intercaladas a lo largo de cada melga, para que el personal de campo que atiende las plantaciones pueda ingresar, trabajar en su labor asignada (siembra, aplicaciones de insumos y cosecha, por ejemplo) y salir de ellas sin problemas, pero principalmente para no provocar daños innecesarios a las plantas laterales cuando tratan de "salir" de la plantación por cualquier parte, pisoteándolas y lastimando sus hojas y frutos de manera no intencional. Esto es particularmente importante durante la cosecha, cuando los cortadores requieren de un camino de "saca" de la fruta, sin mayores obstáculos para evitar maltratar la fruta en esa etapa del proceso; vii) que

la malla-sombra sea manipulada por menos trabajadores de los necesarios o que no estén capacitados para su manejo, y por ello las desgarren o debiliten de manera innecesaria, y viii) que una vez que la retiren para realizar alguna actividad específica que así lo requiera y, por olvido u omisión, no vuelvan a colocarla de manera oportuna y correcta, ocasionaría que las plantas o frutos se dañen.

La malla-sombra representa una barrera difícil de penetrar por plagas invasoras muy móviles (barrenador, picudo, elaphria, grillos, mayatillos, aves e, incluso, ganado vacuno, por ejemplo), que generalmente provienen de fuera de las plantaciones, por lo que es necesario cubrir de manera total y holgada el dosel de las plantas hasta el ras del suelo, ya que de esta manera las plantas en el interior quedan totalmente "arropadas" y protegidas de plagas y de condiciones ambientales adversas. Para ello, la malla-sombra se extiende de manera cuidadosa y uniforme directamente sobre el dosel de las plantas en desarrollo (con o sin fruto) y, con tramos de rafia resistente, del tamaño adecuado y amarradas a los ojillos, se sujetan a la base de las plantas orilleras más vigorosas y bien arraigadas o, mejor aún, a estacas de madera o metálicas puestas *ex profeso* en las periferias, espaciadas, según estén los ojillos de la malla-sombra.

De acuerdo a la mayoría de los productores y técnicos consultados, todos con varios ciclos de experiencia en el uso de la malla-sombra, no es necesario recoger (arremangar) o quitar la malla-sombra cada vez que se requiera aplicar algún agroquímico, ya sea de manera manual o mecanizada, pues la mayoría de ellos se puede aplicar aun bajo esta condición, mejorando incluso, sus resultados. Esto se explica porque la malla-sombra mejora significativamente el microambiente dentro del nicho que forma, lo que evita la evaporación acelerada del agua de las soluciones aplicadas, su fotodegradación o su pérdida por vaporización, resultado de las altas temperaturas y vientos fuertes.

Quizás se deba aumentar el volumen de agua en un 5 % o menos, con respecto a lo convencionalmente utilizado, para compensar el volumen de la mezcla que se queda retenido en la malla-sombra. Sin embargo, es común que cuando las aplicaciones se realizan en la noche o durante las primeras horas del amanecer, las mallas-sombra estén saturadas de roció (el cual incluso se consensa y escurre de manera significativa sobre las plantas, beneficiándolas), por lo que una sobre-dotación en las aspersiones con equipos de alto volumen, no son necesarias.

El efecto o propiedad de “captura del rocío” está totalmente documentado y comercialmente utilizado en muchos proyectos de abasto de agua, en lugares donde este líquido escasea (Soto, 2000), aunque aún no se tiene evaluado qué tanta agua se aporta por metro cuadrado o hectárea, por ciclo o por año, utilizando este recurso técnico, en la región piñera del Bajo Papaloapan y otras que también utilizan la malla-sombra.

Destacan también los mejores resultados que se obtienen cuando se usa la malla-sombra y se instala uno o dos meses antes de aplicar el TIF, ya sea con carburo de calcio (aplicación manual) o con etileno-gas o etefon (aspersión mecanizada). Estos mejores resultados, son por permitir dos condiciones y lograr mejor los objetivos: i) la mejora en las condiciones ambientales, fisiológicas y nutricionales de las plantas, al prepararlas uno o dos meses antes de recibir el TIF y evitar las típicas deficiencias inducidas de calcio, magnesio y otros nutrientes que resultan en altos porcentajes de frutos con coronas múltiples, con cáscara muy débil y aguañosa, o con vida de anaquel muy reducida, condiciones que muchos productores y comercializadores consideran “normales”, ante la falta de recursos como la malla-sombra, que los evita, aunque sea de manera artificial, y ii) la mejora de las condiciones del microambiente bajo la malla-sombra, al momento de la aplicación del TIF, por permitir una temperatura entre 3 y 5 °C más baja que sin esta cubierta (cuando el piñal está a cielo abierto), lo cual también permite una mayor humedad relativa y casi una quietud total del aire, aunque afuera haya un viento con velocidades muy considerables que dispersan, de manera indeseable, el gas inductor aplicado cuando no existe esta protección. Esto permite que los estomas presenten una mayor y más duradera apertura y que el gas aplicado permanezca mucho más tiempo alrededor y en contacto con las plantas, lo que resulta en una mayor cantidad de gas absorbido por las plantas tratadas, condición que aumenta la probabilidad de que se aproveche mejor y, así, se mejoren los indicadores de eficacia, calidad y eficiencia del TIF.

De requerirse quitar o arremangar la malla-sombra de manera ocasional, por decisión del responsable de la plantación, para realizar alguna aplicación o para permitir mayor insolación de las plantaciones en épocas de mucha nubosidad o pocas horas-luz, simplemente se desata del lado de la melga que colinda con el camino de tránsito y se jala, arrastrándola cuidadosamente sobre el dosel del cultivo

hasta recogerla completamente del lado opuesto (centro de la melga), acordonándola preferentemente sobre el suelo, de manera que no estorbe ni la maltrate el mismo personal de campo y se desdoble por vientos fuertes. Una vez que la actividad se haya realizado, se vuelve a extender sobre el dosel del cultivo y nuevamente se sujeta firmemente al suelo.

Se debe tener presente que las plantas que han estado bajo la protección de la malla-sombra durante períodos relativamente largos (más de 15 días continuos, por ejemplo), han recibido, desarrollado y se han adaptado con sólo el 50 % de la radiación normalmente ocurrida en la región, por lo que de retirársele esta protección de manera brusca y por un período innecesariamente largo, las expone a mayores daños por quemaduras, que las que nunca han recibido dicha protección. Si no hay malla-sombra suficiente para reinstalarla, lo prudente es aplicar productos alternativos –como el Surround®– para tratar de compensar esa condición de readaptación a un ambiente a cielo abierto.

Una vez que las mallas-sombra son desechadas, por dejar de ser comercialmente útiles en piña, se les tiene obligadamente que dar un destino ecológicamente aceptable, para no contaminar el ambiente. Sin embargo, actualmente en la región, las fracciones de ellas que han sido desechadas después de cuatro, cinco o más años de uso continuo en piña, porque estan muy parchadas y desgarradas, o porque ya no tienen uso práctico en campo, la mayoría de sus restos son vistos con frecuencia en zonas rurales y urbanas, con un segundo o tercer aprovechamiento, como una barrera protectora contra los rayos del sol, de huertos familiares, jardines, gallineros y patios, pero casi nunca destinadas a terminar –directamente– en basureros municipales; en todo caso, también puede ser incluido como residuo de agroplástico a ser canalizado a un centro de manejo ecológico, para su aprovechamiento o destrucción definitiva, como corresponde a este tipo de materiales.

8. Cosecha, manejo poscosecha y logística de transporte del fruto a centros de distribución y venta

8.1 Consideraciones en torno a la cosecha

En el cultivo de piña, desde que los hijuelos se siembran hasta que los frutos se cosechan, pasan entre 14 y 18 meses, según las técnicas de manejo del cultivo y de inducción floral (Martner, Morales , de la Torre, & Bustos, 2005). La madurez se determina por los días después de la floración o por el color de la cáscara, que cambia de un verde oscuro a un verde claro y después a un amarillo anaranjado, dependiendo de la variedad. El cambio de color del fruto inicia en los frutillos de su base, los que están pegados al pedúnculo, y poco a poco se va extendiendo hacia la corona a medida que avanza la maduración, hasta que todo el fruto tiene un color homogéneo (Arias & Toledo, 2000).

Por la relativa lejanía de México (18° latitud N) con el ecuador (latitud 0°), se presentan diferencias de hasta 2:10 horas en la duración del día/noche, y las condiciones climatológicas de las cuatro estaciones que se presentan durante el año son muy cambiantes, factores que influyen directamente en la duración normal del ciclo TIF-cosecha del fruto. Bajo condiciones de trópico ecuatorial, transcurren seis meses entre la aplicación del TIF y la maduración completa del fruto en la planta; sin embargo, en las principales regiones productoras de México, la duración TIF-cosecha puede reducirse o alargarse hasta en un mes o mes y medio en casos extremos, si la época en la que se desarrolló el fruto fue cálida o fue templada/fría, respectivamente. Esto es fundamental para definir los programas de cosecha para cada temporada, y así poder adquirir los compromisos respectivos entre productor-comprador con mayor certidumbre.

También debe considerarse que las temperaturas, la luminosidad y humedad que prevalecen en la época de cosecha, influyen considerablemente en los procesos de maduración externa e interna, los cuales tienen ritmos diferentes, según las condiciones dominantes del ambiente. Así, durante la época fría, aunque los frutos presenten un grado de maduración externa 4 o 5 (alto) (Cuadro 23), el grado de maduración interna (Cuadro 24) está siempre más retrasado y pudiera corresponder a sólo grado 2 o 3 (bajo a medio); por el contrario, durante la época

cálida, un fruto con ese mismo grado 5 de madurez externa (alto), seguramente ya estará fermentado por dentro por sobremaduración, ya que durante esta época de calor debió haberse cosechado cuando apenas mostraba una madurez externa de grado 2 a 3, máximo.

Para determinar los grados de maduración, tanto interna como externa, cada variedad tiene un comportamiento propio y criterios distintivos, principalmente entre Cayena Lisa/Champaka *vs* MD2, donde se tienen los mayores contrastes. No obstante, es importante resaltar que Champaka muestra un notable adelanto en su madurez interna con respecto a la externa, mucho mayor del que Cayena Lisa muestra normalmente, el cual puede ser de hasta una semana en condiciones propicias. De no monitorearse este avance en la maduración interna de lotes de piña Champaka, el punto óptimo de corte puede rebasarse y la fruta adquirir una maduración superior a la requerida, por lo que perderá valor comercial. En esta variedad, que en realidad es una selección clonal de la propia Cayena Lisa, hecha en la India a mitad del siglo XX, es frecuente que las piñas "se pinten" con etefon, para generar una coloración externa más amarilla, acorde a su maduración interna, tratamiento que deberá convenirse previamente con el comprador.

De acuerdo a la NMX-FF-028-SCFI-2008, la *madurez* (4.11) se define, como "El conjunto de características internas y externas que reúne el fruto y que indican el punto óptimo para ser consumido". Sin embargo, como se ha explicado anteriormente, estos grados de maduración (externa e interna) no siempre coinciden a través del año ni son comparables entre variedades, incluso entre lotes de una misma plantación si el manejo nutricional fue diferente. Por ello, cada lote de fruta que se considere potencialmente diferente debe muestrearse y monitorearse de manera individual, para no tener errores o falsos supuestos sobre el estado de desarrollo de su madurez y así cosecharse oportunamente.

En el cuadro 23 se muestra el grado de madurez externa (natural) en función del color de la cáscara de la piña, sin aplicación de productos hormonales para la desverdización del fruto, escala mediante la cual los clientes nacionales la solicitan a los productores, intermediarios y comercializadores, al mayoreo o medio mayoreo.

Cuadro 23.

Clasificación regional/nacional del grado de maduración externa del fruto de piña para el mercado fresco nacional sin aplicación de productos hormonales para la desverdización del fruto, según color de la cáscara y su equivalencia con la Clasificación Internacional

(Grado[1])	Grado de madurez mercado fresco nacional	Descripción de la coloración de la cáscara,.
0	Piña en "Punto Sazón", Verde o Sazona	La cáscara de la fruta ha adquirido un tono verde oscuro y las bayas (ojos) se tornan planas y bien formadas; las brácteas adquieren un color verde grisáceo. Corresponde al punto de madurez fisiológica, a partir del cual el fruto alcanza la madurez de consumo (la mínima, aunque no la óptima) y puede ser cosechado para su comercialización. Una vez separado de la planta, en su cosecha, sus características como grados brix, contenido de ácidos orgánicos y otros nutrientes, ya no incrementarán y sólo irán dándose los procesos de degradación, propios de la senectud de este órgano.
0.4*	Piña "de Ojo"	En la cáscara del fruto, algunas bayas adyacentes al pedúnculo aparecen las primeras evidencias de coloración amarilla.
0.7*	"Ojo Pintón" "Pintón Regado" Piña "Pintona"	En la cáscara del fruto, las bayas adyacentes al pedúnculo presentan una coloración amarilla bien definida y en las bayas adyacentes a éstas aparecen evidencias de coloración amarilla.
1	Piña con ¼ de madurez o de "Un Cuarto"	En la cáscara del fruto, la coloración amarilla se extiende de la base del punto de unión con el pedúnculo hacia el ápice y cubre el 25% de la superficie de la fruta.
2	Piña con ½ de madurez o de "Media Cara"	En la cáscara del fruto, la coloración amarilla se extiende de la base del pedúnculo hacia el ápice y cubre el 50 % de la superficie de la fruta.
3	Piña con ¾ de madurez o de "Tres Cuartos"	En la cáscara del fruto, la coloración amarilla se extiende de la base del pedúnculo hacia el ápice y cubre el 75% de la superficie de la fruta.
4	Piña madura	En la cáscara del fruto, la coloración amarilla se extiende de la base del pedúnculo hacia el ápice y cubre el 100 % de la superficie de la fruta.
5*	Piña sobremadura	En la cáscara del fruto, la coloración amarilla intensa se torna a coloraciones anaranjadas que cubren gran parte o el 100 % de la superficie de la fruta. En este grado de madurez, inicia el proceso de senescencia del fruto. Coloquialmente también se le conoce como "Piña Camarón"

[1] Grados equivalentes no oficiales; [2] en este caso bajo un proceso de maduración natural (sin etefon), en el entendido de que el cambio del color verde al amarillo-naranja se presenta progresivamente en cada frutillo (ojo) a partir de la base del fruto, hacia la corona.

Fuente: NMX-FF-028-SCFI-2008, con modificaciones de INIFAP.

Asimismo, el cuadro 24 se refiere al grado de madurez externa del fruto de exportación, inducida (no natural), mediante la aplicación de productos hormonales (etefon) para su desverdización. En este caso la maduración se cuantifica en función del porcentaje de color amarillo que van presentando los frutillos (ojos) y el porcentaje de ellos, lo que finalmente dará el porcentaje de amarillo a la cáscara de la piña. También, se describe lo relativo al grado de maduración interna del fruto basado exclusivamente en la translucidez, definida como "el cambio de apariencia de la pulpa de la fruta que avanza de una condición opaca a una más amarilla, transparente y jugosa, asociada al avance de la maduración interna del fruto" (4.22 de la NMX-FF-028-SCFI-2008).

Esta translucidez o coloración interna de la pulpa se mide en rangos de 0 a 5. El rango 0 indica pulpa blanca y poco madura; el rango 5 indica pulpa amarilla y fruta madura. La translucidez en el fruto comienza a diferenciarse de abajo hacia arriba. Un tejido se torna translucido en la medida que concentra mayor cantidad de líquidos. Translucidez es lo opuesto a la opacidad, característica que presenta la pulpa cuando contiene pocos jugos, típico de un estado de madurez bajo o muy bajo.

Todos estos parámetros deberán ser definidos y especificados claramente, para que a los clientes finales se les ofrezcan los frutos en la madurez externa e interna requerida en el lugar de venta y consumo (Uriza, 2011).

Cuadro 24.

Clasificación internacional del fruto de piña de exportación de acuerdo al grado de madurez externa (% de color amarillo de la cáscara) y grado de translucidez de la pulpa (% de madurez interna), variables que se comportan de manera independiente, según época del año y manejo del cultivo

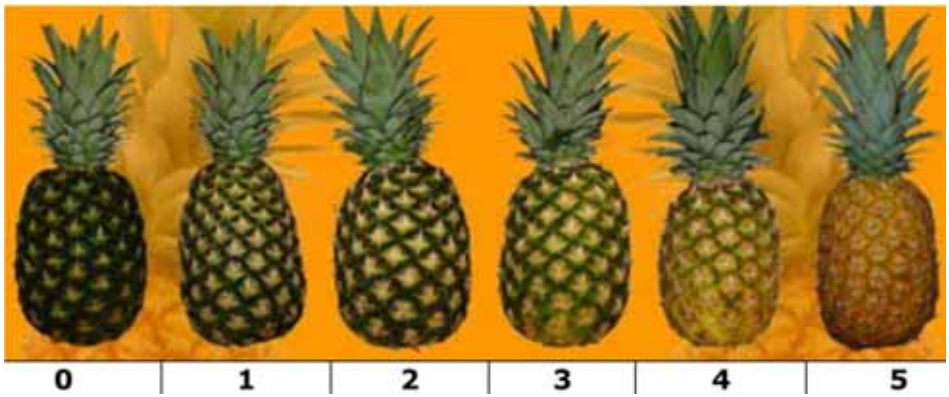
Clasificación por grado	Grado o % de madurez externa en frutos tratados con etefon para desverdizarlos*	Grado de translucidez de pulpa o % de madurez interna
	En este caso, el color amarillo se hará presente en todos los frutillos de manera simultánea y presentará un avance radial expansivo (de dentro, hacia afuera).	El avance es vertical y ascendente, de la base, al tope del fruto.
0	100 % de frutículos completamente sin trazas de amarillo.	Nula
0.5	Sólo algunos frutículos muestran trazas de amarillo en el centro del ojo.	Apenas inicia en frutillos basales.
1	La mayoría de frutículos (más del 75 %) muestran áreas amarillas bien definidas en el centro del ojo.	1 al 12
2	La mayoría de frutículos (más del 75 %) claramente llenos de amarillo en el centro del ojo.	13 al 37
3	La mayoría de los frutículos (más del 75 %) llenos de amarillo, hasta el borde del ojo.	38 al 62
4	Todos los frutículos (100%) llenos de amarillo, pero con pocas áreas verdes entre los frutículos (ojos) bien definidas.	63 al 87
5	Todos los frutículos (100%) llenos de amarillo, solo pocos con algunas trazas de verde entre frutículos (ojos).	88 al 100

*Demerutis, 2007.

Fuente: NMX-FF-028-SCFI-2008, con modificaciones de INIFAP.

Figura 30.
Clasificación por grado de color externo en cáscara para frutos de exportación

a) Color externo en cáscara



b) Color de cada frutillo (Ojo)

Fuente: NMX-FF-028-SCFI-2008, con modificaciones de INIFAP.

8.1.1 Acuerdos comerciales relacionados a la madurez del fruto

Es fundamental que el productor defina claramente con el comprador, el grado de madurez requerido, según mercado-destino, para evitar pérdidas de fruta en campo por sobremaduración o rechazos de embarques mal definidos o negociados con antelación. Es importante recordar que la piña es un fruto no climatérico, el cual no cambia sus características de calidad internas (grados brix, acidez, color de pulpa, contenido de agua, etc.) una vez desprendido de la planta, por lo que se debe cosechar una vez que alcanzó su madurez fisiológica, nunca antes porque entonces sería un fraude para el consumidor.

Tanto el productor-vendedor como el comprador-comercializador, deben considerar el tiempo que la fruta tarda en ser trasladada desde su lugar de cosecha hasta su lugar de consumo, ya sea como materia prima todavía a procesar (para la agroindustria procesadora), o como fruta en fresco en su presentación comercial definitiva. Dependiendo del tiempo de traslado, se determina el "punto de madurez" adecuado de cosecha del fruto, según su mercado final (mercado fresco nacional, industrial para enlatado o de exportación en fresco). También debe considerarse el tiempo en que se espera la fruta sea comercializada en el "punto final de venta al menudeo", que puede ser de una a dos semanas, según experiencias de exportadores locales. De ahí, la importancia de dejar bien establecidos, desde mucho antes de hacer la operación comercial en campo, los indicadores de cosecha a considerar según la distancia del mercado y los patrones de consumo, considerando la época del año y las diferencias, de acuerdo a sus necesidades. Estos indicadores y sus escalas o grados deben definirse a detalle, así como los procedimientos y técnicas para medirlos, ya que pueden ser objeto de confusión entre las partes.

Las variables que sirven como indicadores de cosecha del fruto como el grado de madurez externa, grado de madurez interna, grados brix, grados de translucidez, acidez titulable y otras más, cuentan con escalas internacionales que pueden ser tomadas como referencia, así como procedimientos y metodologías para determinarlos en campo y laboratorio. Otros elementos que deben ser definidos entre el vendedor-comprador, además del grado de madurez, son: los tamaños, pesos y forma de la fruta que los diferentes mercados destino requieren.

Dentro de los acuerdos que deben quedar establecidos entre el vendedor y el comprador, antes de realizar la cosecha, deben estar: i) la manera de cortar (separar) la fruta de la planta (torsión o cuchillo); ii) el método para recolectar y acarrear la fruta (ponite o canasto, manta o choncho, reja plástica, otro) al transporte designado para su traslado al punto de interés; iii) las características del transporte elegido (camioneta pick-up, redilas, carretón, remolque, tórton, tráiler, etc.), con o sin acojinamiento; iv) los métodos y límite de hileras que pueden estibarse, las cuales, según Demerutis (2007), pueden ser hasta ocho, entrecruzándolos horizontalmente sobre la corona del fruto de la hilera inferior para que no se ocasionen daños entre ellos, y v) las condiciones de higiene del proceso completo, que incluye equipos,

transporte y personal responsable de la cosecha y manipulación de la fruta. Todos estos aspectos deben cumplir con los requisitos que cada mercado destino exige.

8.1.2 Puntos críticos a considerar en la cosecha

La cosecha representa una de las etapas más importantes (si no es que la principal) del ciclo del cultivo, ya que es el objetivo principal de todo proyecto comercial en campo. Por ello, debe realizarse de tal manera, que resulte con la mayor eficacia (cortar y recolectar el mayor número de frutos en una sola pasada), calidad (hacerlo de tal manera, que el fruto conserve sus cualidades intactas) y eficiencia (hacerlo de la manera correcta y en el menor tiempo posible).

Demerutis (2007), consultor experto en poscosecha de piña en Costa Rica, afirma que los problemas más comunes que ha observado en frutos de la variedad MD2, después de haber pasado todo el proceso de cosecha, empaque y comercialización, son: i) daños mecánicos tanto en fruto como en corona; ii) presencia de hongos (principalmente *Fusarium* spp. y *Penicillium* spp.) en frutos y corona; iii) envejecimiento prematuro del fruto, y iv) deshidratación de las coronas. Así también, afirma que estos problemas se generan por el indebido manejo de la fruta, desde el campo hasta que es empacada, por los golpes, dobleces y rasgados que reciben en este proceso, tanto en la cáscara como en la corona. Este autor indica que los patógenos, en poscosecha, entran al fruto por las heridas, por lo que cuando se tienen reportes (o rechazos) de ataque por hongos en la corona (y resto del fruto), lo primero que debe hacerse es identificar la etapa o parte de las operaciones de cosecha, traslado y empaque en donde se ocasionó el daño mecánico.

En México, basta un análisis retrospectivo e ir a campo durante la cosecha de la fruta para confirmar lo dicho por Demerutis (2007), donde la mayoría de estos daños tienen su origen, tanto en piña de exportación como industrial y de consumo fresco nacional, en golpes y maltratos que ocurren en alguna parte de este proceso, principalmente durante la cosecha, traslado y empaque. Todo esto debe ser considerado por los responsables de la cosecha de la fruta y su manejo posterior, ya que hacerlo de la manera correcta permitirá mantener intacta la calidad de las piñas hasta su consumo final. Entre más tiempo pase entre la cosecha, la exposición para su venta y el consumo de la fruta, más oportunidad habrá de que las

enfermedades fungosas y bacterianas, así como los diferentes trastornos fisiológicos en la fruta, se manifiesten.

Otros agentes y condiciones que también favorecen a estos patógenos a aumentar el daño por pudriciones y deterioro fisiológico del fruto (además de aquellos hechos por el maltrato directo atribuible a los trabajadores durante la cosecha, traslado y acondicionamiento del fruto), y que además debilitan la epidermis y paredes celulares de su cáscara, corona y base, se describen a continuación.

Plagas como el ácaro, piojo harinoso, barrenador, picudo, elaphria, escamas, roedores, etc., que causan heridas en diferentes partes del fruto, incluso en pleno proceso de comercialización y venta. Para evitarlos, deben realizarse muestreos fitosanitarios periódicamente e incrementar la frecuencia en las aplicaciones de plaguicidas para su control cuando la experiencia indique que es una etapa más propicia para su ataque. Resulta particularmente riesgosa la presencia de ácaro, piojo harinoso e incluso escamas en la base de las hojas de la corona, base del fruto y entre y dentro de los "ojos", la cual además de ser una grave falta cuarentenaria, resulta en mayores pudriciones asociadas a los daños que esas plagas infringen a los frutos.

Daños por sol (excesiva radiación solar), que van desde quemaduras visibles a otras no tan visibles, pero que finalmente causan deformaciones o debilitamiento de la epidermis de los tejidos de la cáscara y corona, sobre todo cuando se utilizan los métodos convencionales para su protección. El mayor problema se da sobre el lado del fruto que recibe la mayor intensidad de radiación (aunque esté protegido), así como en las coronas, las cuales, al quedar totalmente expuestas al sol resultan más decoloradas, rígidas, y quebradizas. Para evitarlo, las plantaciones deben iniciar su protección con malla-sombra plástica, de preferencia dos meses antes de aplicar el TIF, lo que le evita al fruto los problemas con micro y macrogrietas (tipo Sunken) y le permite una vida de anaquel hasta 12 días mayor que las protegidas con métodos convencionales.

Falta de calcio, la cual ocurre según Demerutis (2007), cuando la planta no pudo asimilar suficiente calcio durante la etapa vegetativa y luego la fruta tampoco pudo hacerlo durante su etapa de formación-desarrollo. De acuerdo a Huber (1983) citado por Demerutis (2007), esto hace que las membranas celulares (de los tejidos

internos y externos del fruto) pierdan su integridad y resistencia, ya que los altos niveles de calcio reducen la producción o actividad de las enzimas que hidrolizan la membrana y pared celular. La fragilidad de las paredes celulares del fruto, por falta de calcio, no sólo ocurre durante el momento de su formación y desarrollo, sino que se prolonga y agudiza durante su maduración y poscosecha, cuando aumenta el contenido de líquidos internos, que ejercen mayor presión a los tejidos de la cáscara al querer salir, por lo que finalmente lo logran en los puntos más débiles de ella. Para prevenirlo, deben aportarse las cantidades suficientes (cal dolomítica) al suelo antes de la siembra y complementarlas con aplicaciones foliares durante la etapa vegetativa, aumentando su frecuencia en la etapa pre-TIF y continuarlas al menos cuatro meses posteriores a la inducción floral. Está demostrado que la protección que brinda la malla-sombra plástica a las plantas antes, durante y después del TIF, les permite absorber y trasladar el calcio a las partes que más lo requieren (fruto y demás puntos de alto y rápido crecimiento), ya que su proceso de transpiración es más prolongado durante el día y de valores más altos, por lo que el abasto de este y otros elementos es mayor y seguro.

8.1.3 Corte y recolección

Con respecto a las formas de cortar o separar la fruta de la planta, todas son manuales y pueden ser utilizadas a criterio del productor, en común acuerdo con el comprador, para cumplir con los requisitos que cada mercado destino exige; estas son:

i) Por torsión del fruto*,* tomándolo firmemente con una mano del área de unión entre la bola y la corona y girándolo 45°, inclinándolo un poco hasta que el punto de unión entre el fruto y el pedúnculo se quiebre o fracture, en un solo movimiento. Esta es la forma tradicionalmente utilizada en la región para los frutos destinados al mercado nacional, proceso industrial y el de exportación en fresco, y se caracteriza por la rapidez con que permite realizar la cosecha. Sin embargo, es común (aunque no deseable) que el punto donde fue la rotura o fractura quede muy irregular, con pedazos muy grandes de tejido del pedúnculo adheridos a la base del fruto y también con heridas que se internan y que, incluso, descubren parte de su pulpa, lo que aumenta el riesgo de pudriciones. La corona no debe jalarse, ya que puede dañarse y algunas de sus hojas quebrarse o, incluso, ser arrancadas del cogollo. El responsable de la cosecha deberá estar al pendiente para identificar qué

cortador comete estas fallas y lo instruya a mejorar la calidad de su trabajo. Las frutas con daños considerables deberán manejarse por separado y darles un tratamiento profiláctico preventivo más agresivo.

ii) Cortando el pedúnculo con una hoja metálica bien afilada (cuchillo, navaja o machete de acero inoxidable), ya sea al ras de la base del fruto o dejando un pequeño muñón extra, de 2.5 cm hasta 5.0 cm, según necesidades. Esta opción es utilizada por algunas empresas exportadoras de fruta en fresco, cuando así lo piden sus clientes. Esta forma de corte del pedúnculo, por ser uniforme, logra una mejor presentación del fruto en anaquel y conlleva un menor riesgo de pudriciones en ese punto, máximo cuando se le deja el mencionado pequeño muñón adicional, el cual reduce el tamaño y superficie de la herida y retrasa la deshidratación de esa delicada parte del fruto, lo que puede resultar en una mayor vida de la fruta, principalmente cuando va a lugares cuyo tiempo de tránsito es mayor a 15 días.

Un problema común que los equipos de cortadores de fruta tienen en campo, cuando realizan la cosecha de las piñas de manera convencional, es la dificultad de ejecutar de manera correcta, coordinada y con la agilidad adecuada los, al menos, siete pasos que implica el proceso de corte y recolección de los frutos. Este proceso va desde la preparación de sus aperos de trabajo; la entrada al piñal para caminar y recorrer cada una de las hileras en busca de los frutos adecuados, según instrucciones del jefe de cosecha; la revisión individual de cada fruto para la selección y corte de únicamente la fruta solicitada; su acomodo y carga en el ponite, manta o reja, mientras cosecha las suficientes piñas para llenarla; su acarreo, del piñal al vehículo de acopio y traslado; la entrega o descarga de la fruta; su adecuada estiba en el contenedor o vehículo asignado, y su traslado al lugar indicado para su comercialización, empaque en fresco o procesamiento industrial. Así lo harán los cortadores, repetidamente, hasta completar su tarea-objetivo, que puede ser de sólo 5 y hasta 20 toneladas de fruta, según la capacidad del transporte seleccionado para el viaje de traslado. Estas etapas o pasos, con más claridad, son:

i) La revisión individual y detallada de cada uno de los frutos para la identificación y selección de sólo los más adecuados para ese corte, según el peso, grado de madurez, forma, consistencia y fitosanidad, solicitados por el comprador. Estas características son especialmente difíciles de observar directamente por el cosechador, cuando las piñas están protegidas con papel periódico o con las

propias hojas de la planta amarradas alrededor suyo, ya que quedan tapadas completamente, por lo que hay que destaparlas y eso implica pérdida de tiempo, además de que posteriormente, estos frutos revisados y no cosechados deberán retaparse para que no sufran daños por sol y sean cosechados en días posteriores. Este problema no se presenta cuando la fruta es protegida con malla-sombra plástica, ya que las piñas, incluso, adquieren una coloración más brillante, uniforme (libre del "atigramiento" que causa el protegerlo con las propias hojas de las plantas), con menos daños en su cáscara que le dan más vida de anaquel y sin deformaciones por exceso de sol.

ii) El desprendimiento o corte del fruto seleccionado, el cual debe ser "limpio", de tal manera que la planta no sufra daños y el punto de corte sea el adecuado, sin que provoque desgarraduras del pedúnculo o heridas profundas en la base o pezón de las piñas. Este paso se realiza con mayor facilidad cuando el fruto está totalmente descubierto (sin papel periódico u hojas amarradas a su alrededor) y con la planta madre bien hidratada y turgente, como cuando el piñal está bajo la protección de la malla-sombra plástica.

iii) Adecuada colocación del fruto cosechado en el apero de carga (ponite, manta o reja), la cual deberá realizarse sin golpearlo ni magullarlo por sobrecarga o exceso de presión, ya que además los cortadores tendrán que seguir avanzando con los frutos colectados y acumulados a cuestas y continuar cosechando otros, hasta completar la carga.

iv) "Saca" o "acarreo" de los frutos cosechados al transporte asignado, operación que requiere de una calle de acceso, como los llamados "pasos de burro", que permita y facilite a los cortadores una vía segura y lo más corta posible, para el traslado de la fruta –de manera cuidadosa y rápida– del piñal al sitio donde se estaciona el transporte, donde serán cuidadosamente descargados. Esta distancia puede ser de hasta 100 m o más, cuando no hay manera de acercar los vehículos al área de cosecha, por problemas con los caminos internos.

v) Descarga y entrega de la fruta al estibador, operación que implica la mayoría de las veces, el que los cortadores tengan que subir con todo y carga al vehículo asignado, mediante unas pequeñas escaleras de madera, para que, una vez arriba (en la plataforma del transporte), la fruta se descargue –con ayuda de otra persona– y se entregue al estibador responsable. De no realizarse esta operación

con los debidos cuidados, la fruta recibirá golpes innecesarios, raspaduras y demás daños en su piel y corona, los cuales serán entrada para hongos y bacterias patógenas, durante su traslado, exhibición y comercialización.

vi) Estiba de la fruta en los vehículos o contenedores para su traslado, operación que requiere de una gran experiencia para poder colocar, de manera adecuada y segura, la fruta para su traslado. De acuerdo al volumen de fruta y tiempo disponible para hacerlo, se pueden requerir de dos estibadores, los que además apartarán las piñas que no cumplen con las características seleccionadas, las cuales serán destinadas a otros mercados. Ellos son los que notifican a los cortadores y responsable de la cosecha de los errores en la selección de frutas o de la falta de calidad, forma, grado de madurez, fitosanidad u otro factor que no se cumple en ese piñal. Generalmente no se hacen más de siete u ocho estibas de fruta, acomodándolas de manera horizontal, entrecruzadas y alternando la corona con la bola, para que se amarren entre ellas.

vii) Traslado de la fruta cosechada al punto de acopio o comercialización, el cual puede estar cercano (ya sea al empaque en fresco, o la báscula o centro de comercialización local), o bien directamente a un lugar distante, como lo pueden ser las centrales de abasto de la Ciudad de México, Guadalajara o Monterrey, por ejemplo, para su posterior venta al menudeo o medio-mayoreo. Esta parte del proceso es de gran riesgo para la fruta, ya que si el vehículo no es el adecuado, no cuenta con buena suspensión o simplemente el operador no va a la velocidad prudente que las condiciones de los caminos internos y rurales le brindan, y que necesariamente tendrá que recorrer, aun cuando las piñas hayan sido cosechadas sin golpes y bien estibadas, en este tramo de su traslado perderán parte de su integridad, vida de anaquel y valor comercial, antes de poder venderlas al consumidor final.

Para evitar a los cortadores esta sobrecarga de acciones simultáneas, que estimuladas por el cansancio y la monotonía, que sin duda es grande en esta labor, puede inducirles o provocarles a cometer errores en la selección de los frutos, muchos responsables de la cosecha han optado, por enviarlos a cortar primero, todos los frutos que cumplan con las características solicitadas, seleccionando sólo los adecuados, los cuales van colocando acostados sobre la planta que los produjo y totalmente a la vista; y segundo, hacer un pase del personal para exclusivamente

ir recolectándolos y luego acarrearlos al vehículo de acopio y traslado. Esto, aunque aumenta la circulación de personal dentro de la plantación, mejora sustantivamente la calidad de la cosecha, ya que así se logra un corte correcto y su traslado fuera del piñal, sin golpes innecesarios.

Los métodos u opciones que tienen los cortadores para la recolección y carga de los frutos de la cosecha en campo y su acarreo a los vehículos o contenedores que los trasladarán al empaque, procesadora o directamente a su centro de venta, son los siguientes, los cuales pueden utilizarse de acuerdo a las necesidades del mercado destino y criterio del responsable de la cosecha o del comprador. Todos son realizados en forma manual, donde cada uno tiene sus propias particularidades, ventajas y desventajas. Los pormenores de cada método de cosecha son (Rebolledo et al: 2011):

Ponite. Es un canasto de carrizo de unos 90 cm de altura, de forma cónica con fondo circular plano de unos 50 cm y boca superior de 70 cm, con capacidad normal para 25 frutos de 2 kg (50 kg), aunque soporta hasta 35 frutos (70 kg) cuando queda "copeteado". El ponite permite al trabajador disponer de ambas manos cuando efectúa la cosecha, ya que se lo coloca sobre su espalda y lo carga, sujetándoselo en la frente, mediante un dispositivo conocido en México como mecapal. El mecapal está hecho de una faja de tejido de tela, ixtle o bolsa de polipropileno, con sogas en sus extremos para unirlo al centro del cesto y rodearlo para sujetarlo con firmeza, para así aguantar la pesada carga. Este método permite al cosechador una aceptable movilidad y visión frontal y lateral para seleccionar, cortar los frutos y movilizar un buen número de ellos, por cada incursión al lote de cosecha. Su principal inconveniente es que, por la manera en que los frutos son enviados y depositados en el cesto por el mismo cortador, sufren de rozaduras cuando pegan contra la pared del canasto, de golpes entre los frutos cuando uno cae sobre el otro, de fuerte compresión (aplastamiento) cuando se cargan demasiados frutos al mismo tiempo, y luego de más golpes cuando se descargan, para ser estibados.

Choncho, manta o ayate. Este instrumento de carga es realmente una versión adaptada de los tradicionales "ayates" (ayatl, en náhuatl), empleado en Mesoamérica para cargar y transportar muchos tipos de productos, incluso niños y animales pequeños, además de ser útil para recolectar las cosechas. Originalmente era hecho de telas con base a fibras de maguey, palma, henequén o algodón, de

forma rectangular, de 70 cm a 80 cm de largo por 40 cm a 50 cm de ancho, según conviniera al cosechero. Aunque estos ayates tienen generalmente una menor capacidad de carga (máximo 25 frutos de 2 kg = 50 kg) que los canastos, permiten un mínimo de magulladuras en las piñas, ya que estas son manejadas de manera menos brusca y con una menor compresión entre ellas por sobrepeso, por lo que el también llamado "choncho", es mayormente preferido que el ponite, principalmente en la cosecha de la fruta para exportación en fresco. Su desventaja es que el trabajador sólo puede disponer de una sola mano para cortar y manipular los frutos, ya que la otra la ocupa para mantenerse en equilibrio y detener lateralmente la carga.

Cajas o taras de plástico. Generalmente son de una capacidad de 18 a 25 kg (30 litros de volumen), lo que permite cargar de entre 10 y 14 frutos, según sea su tamaño/peso. Los frutos se colocan de manera horizontal para evitar que su corona se maltrate y nunca en más de dos estibas, encontradas entre ellas, para que la corona de un fruto cargue la bola del otro, y así sucesivamente. Las cajas pueden ser utilizadas sólo para sacar la fruta del lote de cosecha y descargarla en el vehículo, o bien, para subirlas al camión ya llenas con los frutos, y transportarlas a donde corresponda. Usualmente, se le coloca una cuerda atada a las asas de la caja, para poder ser colgada al hombro del cortador, que la usa a manera de ayate, aunque es menos cómoda por los filos de la propia caja. Algunas veces la caja es cargada entre dos personas, para operar con la rapidez y cuidado que requiere el fruto. Este método permite un menor maltrato del fruto en campo, pero es el más lento y costoso de todos. Durante el traslado de la cosecha al centro de recepción, que se hace en las cajas (10 a 12 frutos/caja), su maltrato también es mínimo, lo que asegura una mayor vida de anaquel.

Bandas semimecanizadas (cosechadoras). Esta opción solamente es factible cuando se trata de importantes plantaciones y volúmenes de fruta para cosechar en tiempos relativamente cortos, pertenecientes a empresas grandes o bien, a medianas, pero que tienen serios problemas cuando la mano de obra es escasa. La denominada cosechadora semimecánica de piñas es un equipo muy especializado, remolcado por un tractor de mediana potencia, el cual le transmite la energía que accionará la banda sinfín, principal pieza de ese equipo. En la región del Bajo Papaloapan, sólo hay unas pocas (tal vez cuatro) que actualmente operan, ya que

aún no son muy demandadas, tal vez porque la mano de obra para la cosecha todavía no es tan escasa. La empresa Agro-Demeneghi tiene varios modelos a construir, de acuerdo a las condiciones regionales de las plantaciones. Esta banda transportadora, instalada a lo largo de los 15 m que mide en promedio el brazo operador, debe abarcar la mitad de una melga de plantación de 30 m de ancho. Para no lastimar los frutos, debe ser plástica, flexible y suave, además de ligeramente rugosa o porosa para evitar que los frutos resbalen sobre su superficie cuando está avanzando. Para evitar que los frutos se atoren, debe tener unos 30 a 40 cm de ancho y contar a lo largo de sus lados con unos rieles, para que no caigan de ella.

Para preparar el corte de la fruta con este método, el brazo del equipo debe ser colocado sobre la parte inicial de la plantación a cosechar, debidamente ajustada y probada su velocidad de banda; detrás de ella, se colocan los seis a siete cortadores (uno por cada dos hileras dobles de siembra, o cuatro hileras sencillas), ya instruidos sobre las características que deben tener las piñas a seleccionar; el equipo debe avanzar a una velocidad relativamente lenta, coordinada con la del paso de los cosechadores, quienes van identificando los frutos adecuados a ese corte, los cuales separan de plantas y los colocan sobre la banda giratoria que los transportará hasta el extremo de ella, que desemboca en la sección del equipo donde otro grupo de sólo tres o cuatro trabajadores los recibirá y estibará en bines, cajas plásticas, remolques o directamente en algún vehículo recolector, que avanza a la par del equipo por los caminos de acceso interno a los lotes de producción. La gran ventaja que tiene este método, es que los trabajadores sólo tienen que desprender los frutos y colocarlos, ordenada y cuidadosamente en la banda, sin tener que cargarlos ni acarrearlos al transporte asignado, por lo que los factores de distracción son menores. Una vez llenos los remolques o vehículos de transporte, se separan para llevar su carga al centro de acopio del empaque (o a donde sea necesario) y es sustituido inmediatamente por otro vacío, para no perder tiempo y continuar con la cosecha del lote.

Cuerda o cadena de cortadores. Es un método poco empleado en la región del Bajo Papaloapan y sólo se recurre a él cuando las condiciones del lote están muy deterioradas, generalmente por excesos de humedad, que hacen imposible la entrada de vehículos pesados de carga e incluso, que el personal haga uso de

ponites, ayates y cajas para la carga de frutos en grupo, por lo resbaloso del terreno. Por ello, los frutos se sacan del lote de cosecha uno por uno, haciendo una "cuerda" o "cadena humana", donde se los van pasando de "mano en mano" hasta sacarlos todos del campo para ponerlos en un vehículo ligero, que sí pueda accesar al pie de la plantación. Es un método costoso, que requiere mucha mano de obra y que resulta con muchos golpes al fruto por el excesivo manipuleo, no obstante es el único que en tales situaciones permite rescatar la cosecha o parte de ella, lo cual lo justifica cuando el precio sea atractivo o se quieran evitar enfermedades en próximos ciclos.

En el caso de plantaciones de piña establecidas y manejadas para producir fruta para el mercado fresco de exportación, sólo se deberán cortar los frutos con los tamaños, pesos y características de maduración interna (grados brix, translucidez y sanidad), así como de inocuidad (sin restos de ingredientes activos y microbiológicos no permitidos) que cumplan con los requerimientos del empaque, los cuales debieron haber sido tratados adecuadamente (producto y dosis permitida) y con la anterioridad necesaria, para desverdizarlos como lo solicite el cliente. No deberá cortarse ningún fruto que no corresponda a la maduración solicitada para esa cosecha, mucho menos en un grado de madurez inferior al fisiológico. El rango de pesos (calibres) que se extraigan de ese lote en particular, debe ser debidamente negociado entre las partes, principalmente para no disminuir valor al resto de la producción, ya que es común que en ese tipo de plantaciones, una parte de su producción (20 a 40%) deba destinarse al mercado fresco nacional o al de proceso industrial por no cumplir satisfactoriamente con los requisitos y protocolos establecidos para el primero. Por ello, en el mismo lote se pueden utilizar y combinar varios métodos de cosecha, según convenga al mercado destino.

Independientemente del tipo de mercado objetivo al cual se envie la fruta, durante su cosecha, manipulación y transporte, se debe procurar:

La inocuidad total de los frutos, tomando las suficientes y adecuadas medidas de higiene del personal, equipos e insumos aplicados que la garanticen, lo cual requiere de la capacitación y supervisión a los trabajadores y responsables del manejo de las plantaciones, y la cosecha y traslado de los frutos, con el fin de que las respeten y apliquen hasta que estos lleguen a los centros de distribución comprometidos. Estas medidas se dirigen a: i) evitar la contaminación de los frutos

por agentes bacteriológicos dañinos, como las bacterias coliformes fecales que pueden portar los cosechadores en sus manos y suelas de su calzado, por una inadecuada higiene personal o falta de la infraestructura sanitaria de la empresa; ii) evitar la contaminación de fruto a través del uso de transporte que previamente ha sido utilizado para trasladar animales enfermos, portadores de agentes patógenos, cuyo inóculo permanece latente por no haberse lavado y desinfectado adecuadamente, y iii) evitar al máximo que los frutos se contaminen con sustancias extrañas de toda índole, como puede ser suelo, grasa, detergentes, pintura, agroquímicos, etc., presentes en el interior del vehículo o en alguna parte durante el proceso de cultivo y cosecha.

Identificación y separación de frutos que no cumplan con los requisitos de calidad para el mercado objetivo a atender o, incluso, su adecuada eliminación (si lo ameritan), desde los campos de cosecha. Esto es principalmente importante en aquellos frutos "malos" que, por su evidente daño mecánico o fitopatológico, ya no es conveniente (pero sí irresponsable) mezclar con los seleccionados por su aceptable o alta calidad, pues se corre alto riesgo de contaminarlos y perder la calidad de todo el lote enviado. Estos frutos desechados generalmente tienen un valor, aunque bajo, en otras opciones comerciales.

Adecuado manejo y tratamiento profiláctico de la fruta, que permita conservar su calidad hasta que llegue al consumidor final. Si la fruta no se maneja y trata cuidadosamente, se producirán magulladuras y otros daños físicos en la cáscara y pulpa que, en una inspección visual no se distinguen fácilmente, pero que resultan en pudriciones, secreción de líquidos internos por fisuras, alteraciones fisiológicas que incluyen manchado interno de la pulpa, rotura de tejidos, cambios de coloración, textura, sabor y otros. Por ello, después de la cosecha y antes de su empaque, para su comercialización en fresco, deben aplicarse los tratamientos protectores autorizados.

Protección del fruto durante su carga y transporte, ya sea durante un traslado provisional a un lugar cercano (agroindustria empacadora o la báscula) o definitivo (centrales de abasto o frontera), para evitar los efectos de las condiciones ambientales (excesiva radiación solar, lluvias inconvenientes, vientos muy secos, etc.), el contacto con materiales externos (polvo, hojarasca o paja, salpicadura de lodo, mugre, residuos de estiércol de ganado o similares, y cualquier otro

contaminante), además de los clásicos golpes, rozaduras y sobrepeso. Para ello se deben seleccionar los vehículos idóneos que ofrezcan, además de la suficiente higiene, condiciones de espacio, confort, seguridad, resguardo y rapidez en el traslado de los frutos, independientemente a donde los lleven. Algunas empresas revisten con material acojinado los transportes (camiones, camionetas, remolques, carretones y cajas tipo Bins) utilizados para enviar la fruta de los campos de producción al empaque, y así reducir la probabilidad de que estos reciban golpes y demás daños. Los frutos nunca deberán quedar sueltos ni mal acomodados (parados o invertidos) o sin un arreglo adecuado en posición horizontal.

Acondicionamiento y empaque de los frutos de piña para su comercialización en los mercados en fresco, dado que es la forma de mercadeo del fruto más aséptica y formal, que permite mantener su calidad original y comercial durante el mayor período posible. Este sistema está totalmente arraigado en los diferentes mercados de exportación (EUA, UE y Japón), pero, desafortunadamente, no en el mercado nacional, donde todavía hay muchos consumidores intermedios y finales que aceptan fruta cuya inocuidad queda en duda por las condiciones en que fue transportada, manipulada y exhibida, pero que consideran eso justificable, a cambio de un menor precio de compra. Sin embargo, con el incremento en la demanda de MD2, que se está dando principalmente por las tiendas departamentales (Chedraui, Comercial Mexicana, Wall-Mart, Sam´s Club, etc.), ya está siendo aceptada por muchas personas, además de algunos otros canales de comercialización menos formales que, a la fecha, están teniendo cada vez una mayor participación en la venta de esta fruta.

Es importante que en un futuro próximo, la mayoría de las piñas –independientemente de la variedad que se trate– se comercialice en esta presentación, que incluya etiqueta del productor/comercializador, origen y sistema de trazabilidad, porque además de ofrecer mayor seguridad sanitaria y garantía de calidad al consumidor, permite incrementar su valor agregado y, en consecuencia, generar mayor número de empleos alrededor de esta importante actividad económica.

8.2 Mercado fresco nacional

En México, el gusto de los consumidores mexicanos por tal o cual grado de madurez, acidez, peso y forma de las piñas, es muy diverso, por lo que cuando alguien se refiere a requerir piña de calidad, habría primero que tratar de definir y especificar perfectamente a qué calidad se refiere. Esto se refleja en la gama de tipos y particularidades de las piñas que en el mercado fresco nacional se solicitan, bajo ese mismo término. Como clientes asiduos (aunque no necesariamente, consumidores directos), destacan los rebanadores o "cocteleros" de fruta por lo estricto de sus demandas, ya que exigen frutos de medianos a grandes, bien formados, de un atractivo color externo e interno, sabor dulce y muy jugosos, que no escalden, porque de ello dependerán sus ventas de piña en rebanadas o en vasitos, que casi siempre acompañan con "chilito piquín" en polvo, mezclado con sal y limón. Caso contrario son los vendedores de tacos "al pastor", que compran una piña grande, "verdona", sin jugo y preferentemente ácida (poco dulce), para asarla en la punta del "trompo" junto con la carne, y servir un pequeño trozo de piña asada acompañando el taco, para destacar más el sabor de la carne de cerdo. También es de comentar el particular gusto por frutos de mediano a más bien pequeño tamaño, maduros, jugosos y de una calidad interna excelente por el alto contenido de azúcares y acidez balanceada, que requieren en muchos pueblos y ciudades pequeñas de la región de la Mixteca, entre Puebla y Oaxaca, donde los frutos grandes les resultan un tanto insípidos.

En México, en algunas regiones específicas como en La Chontalpa, Tabasco hay una gran demanda frutos de piña "Cabezona", que pueden llegar a los 4.5 kg y que se utilizan mayormente para preparar agua fresca o en bebidas preparadas, más que en rebanadas o trozos en fresco. Otras piñas conocidas como "Criollas", "de Castilla" o "de Montaña", también son altamente apreciadas en las regiones productoras ubicadas en la montaña de Guerrero, Nayarit y la península de Yucatán, mismas que se consumen en ambas modalidades (aguas frescas y en fresco). Cada uno de estos materiales tiene su propio criterio de cosecha, según región, uso y forma de consumo.

Con la reciente introducción del híbrido MD2 a México, una considerable parte de su cosecha se queda en el país para su comercialización interna (quizás 200 mil

toneladas/año) principalmente al mercado fresco, vía tiendas departamentales y mercados más especializados que los convencionales, mientras que la otra parte se hace por los canales tradicionales (centrales de abasto, mercados municipales, tianguis, verdulerías y fruterías, etc.). Esas grandes empresas comerciales tienen protocolos de compra-almacenamiento-venta estilo EUA, por lo que las piñas tienen los estándares de la fruta que se exporta, con maduración interna y cualidades organolépticas que distan mucho de las que nuestros connacionales han preferido durante siglos, cuando estas tiendas no existían y las piñas se compraban en los mercados convencionales. Las piñas para tiendas de autoservicio y departamentales se cosechan hasta 20 días antes de que maduren en la mata; sólo se "pintan" para darles una aparente mayor maduración, pero su contenido de jugo es mínimo y su dulzura sólo la suficiente para comercializarla, pero no la adecuada o potencialmente máxima maduración interna natural, necesaria para satisfacer los gustos tradicionales. Es por ello que muchos de los clientes que ahí las compran quedan decepcionados de su sabor, más aún cuando lo comparan con el de las frutas maduradas de manera natural.

Como dato curioso, en los campos de producción de piña del Bajo Papaloapan, ya al final de su desarrollo y próximos a ser cosechados, sólo los frutos con franca maduración natural son los "atacados" o consumidos por la fauna silvestre regional (coyotes, mapaches, coapíes, tlacuaches, roedores y aves como los "pepes"), ya que los de bajo nivel de maduración natural (como los que se cosechan a nivel mundial, con los clásicos criterios para su exportación en fresco), su aroma, sabor, color y consistencia jugosa, simplemente no les son atractivos. Esta actitud en ellos (aún no pervertida, por el comercio impuesto por humanos) quizás se dé porque en ese estado de madurez interna tan bajo (0 o 1), las piñas para este tipo de animales silvestres aún no cumplen totalmente con una de las funciones básicas de los alimentos en un medio natural, que es el de contener la mayor cantidad de elementos nutritivos que los alimente y que, además, les satisfaga el gusto desarrollado en ellos a lo largo de al menos 4 mil años, cuando llegó la piña a lo que ahora es México.

Por ello que, quienes quieran degustar en México el sabor de una piña MD2 o piña "Oro" en su máximo esplendor, deberán adquirirla en el mercado tradicional, tianguis o frutería de mayor confianza, aunque desafortunadamente

todavía no venga debidamente desinfectada, empacada y etiquetada, como sin duda, debería ser siempre.

El hecho de que, en la mayoría de los países importadores, las piñas se consuman con esas pobres características organolépticas (las cuales resultan poco aceptables para nuestras costumbres), es porque en realidad no tienen otra opción, ya que para que les lleguen aún en estado aceptable y puedan ser compradas y consumidas, las frutas deben cosecharse muy verdes o "adelantadas" en su madurez natural. De acuerdo a la distancia y agilidad en la logística del transporte utilizado para su envío (quizás 95 % marítimo), las piñas pueden requerir de 10, 20 o hasta 25 días de traslado desde el país de origen, a los grandes centros comercializadores del oeste y este de Estados Unidos, Europa y Lejano Oriente (Japón y China). La mayoría de las marcas que están disponibles en aquellas latitudes tienen más o menos los mismos protocolos de abasto, aunque sin duda, los exportadores de estas frutas de regiones más cercanas, podrían aprovechar esa ventaja y enviar piñas con 1 o 2 grados más de madurez natural, lo que resultaría en un gran beneficio para los consumidores internacionales que las adquieran.

Así también, el adquirir productos con origen más cercano al punto de consumo, implica menos "carga ambiental", ya que el consumo de combustibles para su enfriamiento y transporte, es mucho menor, en proporción al tiempo/distancia del envío.

Seguramente los gustos de quienes se exponen a una sola calidad de fruta durante mucho tiempo, como lo que está ocurriendo en México con los que acostumbran adquirir sus piñas en estas tiendas departamentales, irán cambiando con el tiempo hasta que esa "calidad" sea considerada la normal para ellos. Bien lo dijo Edgar Allan Poe (1809-1849), escritor estadounidense: "La corrupción del gusto, forma parte de la industria de los dólares y hace juego con ella".

Resulta importante y urgente que nuestros productores y exportadores aprovechen la cercanía de México a EUA, principal consumidor de piña en fresco del mundo, al cual es posible ofrecer sin mayores problemas, frutos con grado interno 2 o 3, los más cercanos a lo que es una maduración natural y no artificial o inducida (con Grados 0 a 1) como lo hacen otros países proveedores centroamericanos más lejanos que el nuestro. Por nuestra ubicación geográfica, México está a sólo uno o dos días para cosechar los frutos de piña en los campos

de producción, empacarlos y luego tenerlos ya disponibles en los grandes centros de acopio y distribución fronterizos, disponiendo todavía de otros diez días más para comercializarlos en la región central de ese país, para que, de esa manera, quienes los compren degusten de piñas de la mayor calidad organoléptica (algo así como lo pretende definir el término internacional, *Ready-to-eat* o "Listo-para-comer"). Lo mismo puede hacerse con la fruta de MD2 comercializada en México por las grandes cadenas de tiendas departamentales, cuyo grado de madurez natural puede ser incrementado en unos cuantos puntos, en beneficio de los consumidores.

Sin embargo, dada la gama de gustos y preferencias que los consumidores de piña tienen en México, o bien las de otros países que importan o podrían importarlas, quienes la produzcan, comercialicen y vendan deben tener claro estos aspectos para satisfacer al máximo a sus actuales y potenciales clientes. El tipo de fruto, grado de madurez, método de cosecha y demás detalles deben quedar totalmente aclarados antes de iniciar el corte, para satisfacción de ambas partes.

8.3 Mercado de proceso industrial

El mercado industrial de piña en México tiene dos grandes y principales productos: piña en conserva (rodajas enteras, medias rodajas, trozos, tidbits, etc.) y jugo de piña (natural o concentrado), los cuales absorben alrededor de 150 mil a 200 mil toneladas de piña en fresco por año, como materia prima (40 % para conservas y 60 % para jugos), volumen que representa casi el 20 % de la cosecha nacional de piña. Tan solo por año, alrededor de 2 millones de cajas de piña enlatada (rebanadas, trozos, tidbits, etc.) son consumidas en nuestro país, la mitad de las cuales proceden de otros países, principalmente asiáticos.

Este mercado es el que históricamente ha presentado los mayores problemas y conflictos externos e internos en su operativa; externos porque frecuentemente somos invadidos por productos enlatados procedentes de Asia, con precios muy por debajo de los costos de producción nacionales, por lo que los nuestros son desplazados del mercado nacional, afectando a toda la cadena productiva piña; e internos, porque no hay una real y armónica relación entre los productores y las agroindustrias con relación a los precios de la materia prima, por lo que su abasto es motivo de conflicto, ya sea por el bajo precio que ofrecen los procesadores

cuando hay sobreoferta o por el alto precio que piden por sus piñas los productores cuando la fruta escasea. La falta de plantaciones especializadas para abastecer de fruta idónea a la agroindustria también es parte de la problemática que ella tiene, además de los altos costos de otros insumos (azúcar, ácido cítrico, etc.), latería y energía para operar las plantas procesadoras, entre otros inconvenientes.

Resulta notorio que, cuando Tailandia, Malasia y demás países proveedores tienen problemas para abastecer a México de conservas y jugos de piña, por siniestros climatológicos, alzas en las divisas, incremento de aranceles y bloqueos económicos entre regiones y países, entre otros factores, y por tanto las importaciones de productos de piña procesada caen hasta en un 50%, la participación de la industria nacional se incrementa más o menos en esa proporción, por lo que la demanda de materia prima puede llegar fácilmente a las 200 mil t/año. En estos infrecuentes períodos de mayor oportunidad para la industria procesadora nacional, al ofrecérseles un mayor precio por sus productos terminados (piña en conserva o jugos) en el mercado nacional, las empresas también tienen mayor posibilidad de ofrecer un precio local más alto por la fruta en fresco y así adquirir mayores volúmenes de materia prima para su procesamiento. Este incremento en la demanda de fruta por parte de la industria mejora también los precios de la piña para los otros mercados, beneficiando principalmente al sector primario (productores), que finalmente es el más abundante y el eslabón más débil, expuesto y con mayores consecuencias a los problemas climatológicos, financieros y de mercado, que afectan a esta cadena productiva. En contraparte, cuando el mercado de importación de piña procesada se abre de manera irresponsable, las plantas cierran operaciones parcial o totalmente, dejan de comprar fruta y gran parte de esas 150 mil a 200 mil toneladas de piña dejan de procesarse, por lo que saturan los mercados en fresco, con las inevitables consecuencias en la caída de los precios y la pérdida de fruta en campo.

Un período normal de zafra, tiempo en el que mayormente operan las plantas procesadoras de piña, va de noviembre a agosto, que es cuando se presenta la mayor oferta y precios medios de la materia prima (fruta en fresco). Incluso, de abril a julio, cuando ocurre la mayor concentración de fruta durante el año, pueden ocurrir lapsos de marcada sobreproducción, con los indeseables desplomes de los precios para los productores, aunque no tan indeseables para los industriales.

Septiembre y octubre son los meses de menor oferta de fruta y mayores precios en el mercado fresco nacional, precios totalmente inaccesibles para la agroindustria, por lo que las plantas procesadoras paran sus actividades normales de molienda y utilizan este período para dar mantenimiento general a sus instalaciones y maquinaria. Así, una estrategia de las empresas procesadoras es adquirir la fruta como materia prima en las temporadas con precios más accesibles y rentables. Las empresas procesadoras dedicadas a este rubro comercial, en su mayoría, concentran todo su esfuerzo en tener disponibles los mayores volúmenes de producto terminado para venderlos a los mayoristas entre octubre y diciembre, época de mayor demanda de piña enlatada (85 % del consumo total anual).

La fruta de Cayena Lisa o de Champaka (selección clonal de Cayena Lisa) es la que mejor se adecua al proceso industrial de enlatado, y es por ello que siguen siendo las frutas preferidas para este fin. Sin embargo, su abasto se ha reducido drásticamente en los últimos cinco años como consecuencia del cambio varietal que está ocurriendo en las principales regiones productoras de piña en México, donde al menos 4,500 hectáreas de Cayena Lisa (25 % del total de la superficie piñera nacional) han sido sustituidas por el híbrido MD2, con fines principalmente de exportación en fresco, no en forma procesada. Esto ha provocado un significativo incremento en los precios medios rurales de la fruta de Cayena Lisa y con ello, una menor capacidad de compra de materia prima por parte de la agroindustria. En el caso de la industria del jugo, esta es más versátil en cuanto al tipo de fruto requerido y acepta frutos tanto de Cayena Lisa como de MD2, incluso, en las últimas zafras, la piña “Miel” como también se le conoce al híbrido, quizá representó el 70 % del volumen total procesado de fruta, mientras que de Cayena Lisa sólo el 30 %.

Como se señaló anteriormente, en México no se ha logrado formalizar ni masificar el establecimiento de plantaciones especializadas para la producción de fruta con fines industriales, ya que la orientación preponderante de los productores es el mercado fresco nacional y el mercado fresco de exportación, colocando primero la mayor parte de su cosecha en los mercados de su interés y dejando el resto para abastecer a la agroindustria del proceso de enlatado o de jugos, como segunda o última opción. Las plantaciones dedicadas especialmente para el proceso industrial, representan una superficie que no rebasa las 1,000 ha, casi todas

financiadas por las propias industrias o bajo contratos específicos con particulares, que no siempre han sido respetados por ambas partes.

Esta preferencia y orientación que tienen los productores, de primero satisfacer las necesidades del mercado en fresco (que sin lugar a dudas requiere frutas de medianas a grandes, 2.0 a 3.0 kg), hace que, para lograrlo, se recurra y abuse de las aplicaciones nitrogenadas para hacer crecer a las piñas al máximo, lo que provoca que los nitratos excedentes (los que la planta no puede aprovechar para otros fines fisiológicos) se acumulen en la fruta a concentraciones que superan las 100 ppm, cantidad que sobrepasa las 12 ppm permitidas por la agroindustria, para no tener problemas técnicos posteriormente. Esto se debe a que los nitratos excedentes en la pulpa y jugo corroen la protección interior de estaño de las latas donde se envasan, y echan a perder el producto terminado en tan sólo pocos meses (tres, seis o quizás más tiempo, pero de manera impredecible), cuando debería garantizarse una duración de al menos 2.5 años en bodega (aunque no necesariamente se requiera), para garantizar su comercialización y consumo en cualquier rincón del nuestro planeta, que demande estos productos.

De lo anterior, la importancia de que se establezcan plantaciones especializadas para abastecer a esta agroindustria, como lo hacen países del Sureste Asiático, Australia y otros, donde la industria procesadora es pilar de ese sistema-producto. Cuando en México se establezcan plantaciones especializadas, además del exceso de nitratos, se resolverán o disminuirán otros graves y frecuentes problemas que la industria procesadora tiene de manera histórica y que ocurren año tras año, como el de la desuniformidad en las características de la materia prima, tales como los tamaños de la fruta, forma, madurez interna, grados brix, acidez, consistencia de la pulpa, entre otros, y hasta de suficiente y oportuno abasto durante la zafra, al menos en épocas realmente críticas, las que serían mucho menores.

Aunque los rubros industriales de “rebanadas” y “jugo” someten a los frutos a un proceso industrial, los productos finales son totalmente diferentes, por lo que las características y requerimientos de la materia prima para cada uno de ellos, son también distintas. A continuación, se detallan y diferencian estos requerimientos, en lo más básico:

8.3.1 Fruta para el abasto de la industria de piña en conserva

Las mejores piñas para esta opción de proceso industrial, en conserva, son de la variedad Cayena Lisa y aún mejor, de la variedad Champaka (según las experiencias de la industria hawaiana, durante los años 60), de tamaño medio a grande y con un peso entre 1.8 y 2.8 kg (1.6 y 2.6 kg, sin corona), cilíndricas, sin daños ni deformaciones que afecten a la pulpa (puede tener daños físicos superficiales, pero sin presencia de enfermedades o insectos), con los menores grados de madurez (sazona a máximo ¼ de cara) y con 10 a 14 °Brix (12 °Brix, promedio). Generalmente, esta fruta se transporta del campo a la planta procesadora, en camiones con capacidad máxima de 10 toneladas, donde se procura no maltratar los frutos durante la cosecha ni sobrecargar los vehículos, para evitar magulladuras a la pulpa.

Al llegar a la planta, en el área de recepción (batey), el camión se pesa y en ese mismo momento el lote de fruta se muestrea, para conocer sus características a detalle, escogiendo al azar al menos 10 piñas/t de fruta. Si hay evidencia de fruta fuera de norma, el muestreo primero va dirigido sólo a los frutos afectados, para luego corroborar el porcentaje de ellos con tal anomalía. Con base al muestreo se determina el porcentaje de peso en tres rangos (<1.8, 1.8 a 2.8 y 2.8>), su grado de madurez (verde, sazona, ¼ de cara, ½ cara, ¾ cara y madura), peso de corona y su porcentaje con respecto al fruto, además de posibles defectos (lacrada, abotellada, quemada, chueca o manchada). Las frutas que no cumplen con lo solicitado son devueltas al camión, mientras que las aceptadas son colocadas en la banda transportadora para su inmediato proceso. A veces, por la escasez de fruta en el mercado, la fruta que no cumple del todo con las especificaciones, es aceptada, pero condicionada a recibir un “castigo” o descuento al precio de acuerdo al grado de las faltas que presenta el lote en cuestión. Cuando en un lote de fruta la corona tiene un peso excesivo y rebasa el 10 % del peso total del fruto (a veces cuando escasea la fruta, permiten hasta un 15%), se le aplican los descuentos a su precio de manera proporcional a su sobrepeso.

El grado relativamente bajo de madurez que se pide para este tipo de proceso industrial, es para que la pulpa de la fruta esté lo más consistente posible, aun con pocos líquidos y que no se rompa durante su proceso de descascarado automatizado mediante las máquinas denominadas “ginacas” (que permiten la eliminación mecanizada de la cáscara y el corazón de la fruta, de hasta 100

piñas/minuto) para luego obtener las rodajas, de preferencia enteras, que son las de mayor valor en el mercado. El grado de madurez externo solicitado por las procesadoras puede cambiar de manera estacional para lograr esta consistencia de la pulpa, o grado de madurez interna, según cambien las condiciones del clima durante el año, por lo que los productores interesados en canalizar parte o el total de su cosecha de fruta para abastecer este mercado, deberán estar atentos a los requerimientos señalados por la agroindustria local.

Bajo una condición ideal de proceso industrial, una tonelada de fruta fresca con piñas exclusivamente de 2.4 kg, cilíndricas, uniformes, fisiológicamente maduras, pero con un grado de madurez interna lo más bajo posible (de 0 a 1, del ver cuadro 24), según la época del año, se pueden producir hasta 25 cajas (24.3 kg c/u) de rebanadas de piña en conserva como producto terminado y de una calidad "Fancy" (la de mayor valor en el mercado). Cada caja contiene 24 latas de 820 g c/u, con un peso drenado de 470 g, lo que representa 11.3 kg de fruta por caja. Ese rendimiento de 25 cajas/tonelada de fruta procesada significa una eficiencia del 37 % (370 kg de pulpa en rebanadas/tonelada de fruta procesada), considerado muy aceptable; sin embargo, la mayoría de las agroindustrias aun con muchas dificultades económicas y operativas por múltiples razones técnicas de los equipos disponibles en planta, pero principalmente por la deficiente calidad de la materia prima procesada y deficiencias en la proveeduría y abasto de ella durante el año, los rendimientos de fábrica no rebasan las 20 cajas/tonelada de fruta procesada, equivalentes a una eficiencia del 29 % (290 kg de pulpa en rebanadas/tonelada de fruta procesada), considerado de mediano a bajo. Con frutas de 1.8 kg en promedio, se puede obtener un 75 % de rebanadas y 25 % de trozos. Si a este bajo rendimiento de fábrica se le suma el problema de los nitratos, el de la desleal competencia de productos asiáticos a precios de *dumping*, y el "divorcio" entre productores y la agroindustria procesadora, el panorama que se vislumbra, es preocupante.

No sólo basta con recordarles a productores, proveedores de insumos y servicios, instituciones y estancias de gobierno relacionadas a este sistema-producto piña de México, que sin una agroindustria piñera sana y fortalecida, que consuma anualmente y de manera segura entre el 20 y 30 % de la producción, que ni el mercado fresco nacional ni el fresco de exportación pueden absorber, el futuro económico de esta actividad estará comprometida. Se debe reconocer que estos

tres rubros del mercado han estado siempre ligados entre ellos y si se hunde la agroindustria, lo harán todas las demás actividades piñeras, quizás no se hundan juntas, pero finalmente todas lo harán.

8.3.2Fruta para el abasto de la industria de jugo de piña

Se estima que alrededor de otras 100 mil toneladas de fruta fresca pueden ser las destinadas anualmente para obtener jugo, ya sea natural o concentrado. Tal vez el 70 % corresponda a la elaboración de jugo concentrado, con una producción de entre 5 mil y 7 mil toneladas de jugo de piña concentrado por año, con un rendimiento promedio de 100 kg de jugo concentrado/tonelada de fruta fresca procesada, con 61 °Brix en promedio. Es probable que, debido a la relativa escasez de fruta de Cayena Lisa disponible para fines de proceso industrial a raíz de que –en los últimos cuatro o cinco años– disminuyó la superficie sembrada y oferta de piñas de esta variedad, el 70 % de la fruta utilizada para jugo haya sido del híbrido MD2, principalmente de piñas pequeñas, o bien medianas y grandes, pero con algún defecto que impidió su venta en el mercado fresco.

Las mejores piñas para esta opción de proceso industrial (jugo natural o concentrado), son las que presentan los mayores grados de madurez externa ("1/2 Cara" a "Madura" o incluso "de Aguante"), que pudieran equivaler a los grados 4 a 5 en la Escala Internacional de Madurez Externa (ver cuadro 23), ya que son los que contienen la mayor cantidad de jugo (45 a 50 % del fruto completo) y de azúcares, con al menos 12 °Brix. El balance entre el contenido de azúcar expresados en grados brix/acidez titulable, deberá estar entre los 22 y 30 puntos, que significan un balance adecuado para el gusto del consumidor promedio. Por ello, durante los meses de septiembre y octubre, los valores promedio de azúcares que reportan en los frutos con el nivel de maduración requerida son los más bajos del año (menores a 10 o incluso, a máximo 8 °Brix), por lo que las plantas procesadoras evitan adquirir fruta durante este lapso, ya que además de que les resulta muy caro elevar su contenido de azúcar artificialmente (agregándola en suficiencia), el precio de la piña en esos meses es el más elevado de la temporada.

En este rubro industrial de procesamiento de piñas para obtener jugo, el peso, forma del fruto y la condición de la cáscara en términos de daños mecánicos, no son tan importantes (siempre y cuando no afecten la condición interna del fruto),

pues es exclusivamente la pulpa y el jugo contenido en ella el objetivo principal de esta agroindustria. Por esto, las empresas interesadas, pueden recibir frutos incluso semideformes y con algunas escoriaciones en su cáscara (hechas por insectos o por maltrato de los cosechadores y transportistas), con pesos de fruto que pueden ir de 1.1 hasta 3.0 kg de peso (1.0 y 2.6 kg, sin corona), mientras no contaminen el jugo recolectado de los demás, en caso de estar podridos o "fuera de norma".

Sin embargo, los frutos de entre 1.6 a 2.2 kg son los que mayor rendimiento de jugo brindan (45 %, al menos), además de que es el de mejor calidad, ya que en éstos la maduración de su pulpa (en sus extremos, base y ápice) es más uniforme.

Cuando un lote de fruta llega al batey de la planta procesadora, éste se muestrea para conocer sus características promedio, y los frutos que no cumplen con las especificaciones son devueltos al camión que los transportó. Lotes con considerable incidencia de frutas sobremaduras y con daños por pudriciones o manchado de la pulpa, son totalmente rechazadas. Si la corona tiene un peso excesivo, también se aplican los descuentos proporcionales a su sobrepeso.

Para mantener lo más elevado posible el contenido natural de azúcar en la pulpa de la fruta durante toda la temporada de zafra, las empresas siempre solicitan cambiar el grado de madurez externo, según cambien las condiciones del clima, por lo que los productores interesados en canalizar parte o el total de su cosecha de fruta para abastecer este mercado, deben estar atentos al grado de madurez externa e interna que ellas demanden.

8.3.3 Otras opciones de proceso artesanal y agroindustrial

Aunque estas alternativas actualmente representan bajos volúmenes de consumo de fruta como materia prima, comparadas con las dos opciones anteriores, resultan de mucha importancia para diversificar la gama de productos elaborados con esta planta y fruta, lo cual aumentaría su consumo, generaría empleos y le daría un fin comercial viable a los excedentes de producción que se generan cada temporada de cosecha. Sin embargo, su abasto, independientemente del destino que se le dé a la fruta, no debe depender de sólo aprovechar los excedentes cuando estos ocurran, sino que todas estas opciones tendrán que contar con una proveeduría regular y definida, según los requerimientos de cada actividad económica mencionada.

Las siguientes son las actividades o rubros alternativos o emergentes de mercado, relacionados con esta agroindustria, que deberían ser impulsados de manera intensiva, ya que varias de ellas aún no están del todo exploradas o concretadas en nuestro país, como su potencial lo indica. Estas, son:

Pulpa de piña refrigerada, congelada o envasada al alto vacío. Esta es una opción cuya implementación es totalmente necesaria y rentable, pero que no tiene –aparentemente– avance alguno en México. Esta actividad o rubro comercial está mucho más organizado y funcionando en países con mayor vocación y porcentaje de producción de piña de exportación como Costa Rica; actividad que va creciendo para aprovechar y darle mayor valor agregado a la gran cantidad de frutos excedentes o rechazados por las empresas exportadoras (por tamaño, forma o algunos leves daños en su superficie). Esta acertada y relativamente pronta respuesta de empresas y productores ticos, para tratar de resolver este rubro de mercado y aprovechar los excedentes que naturalmente se dan en el sector de piñas de exportación en fresco y así no saturar los mercados locales, era o es prácticamente obligatoria, ya que por la reducida población nacional (5 millones) o incluso la regional de Centroamérica (52 millones), la capacidad de su mercado fresco local, de absorber este considerable volumen de fruta rechazada, es prácticamente nula. Por ello, esta forma de comercialización al extranjero, sea de cualesquiera de las mencionadas, es factible sólo con frutos del híbrido MD2, ya que en el mercado mundial es el de mayor demanda por los consumidores de esta fruta, no así los de Cayena Lisa. Estas formas implican una *cadena de frío* para las piñas refrigeradas o congeladas y otra infraestructura también sofisticada para las piñas envasadas al alto vacío. Su desarrollo debe estar ligado y en coordinación con las empresas exportadoras y demás participantes asociados a la actividad, como principales productores de esta fruta.

Piña deshidratada. De acuerdo a Uriza (2014), esta actividad ya se desarrolla de manera rentable en varias regiones de México, pero en baja escala; en algunas a nivel artesanal y otras mediante empresas especializadas formalmente en este rubro. Aunque EUA es el principal consumidor mundial de este tipo de producto, la Unión Europea debe considerarse como un mercado prioritario dadas sus mayores perspectivas de crecimiento y mejores precios. Aunque los frutos de MD2 resultan en un producto más dulce y de color más amarillo, aparentemente es menos

duradero que el de Cayena Lisa, el cual es más claro, poco menos dulce y más ácido, por lo que se le prefiere. En México, una tonelada de fruta fresca rinde de 100 a 150 kg de pulpa de piña deshidratada, donde los mejores frutos son aquellos de peso entre 1.5 a 1.8 kg con todo y corona, de una madurez que vaya de "Sazona" a máximo "½ Cara", para que las rodajas sean consistentes y no se desgarren. A menos que la empresa interesada en este producto tenga formalmente canales establecidos o relaciones comerciales previas con importadores del mercado de Alemania o EUA, la exportación indirecta, mediante reempacadores nacionales con certificaciones en planta procesadora, es la única vía de comercio actual para un producto de esta clase, con posibilidades reales de éxito. Esto, para lograr concretar un adecuado flujo y volumen comercial que cumpla con las normas de calidad e inocuidad exigidas en el mercado internacional, por lo que debe privilegiarse la participación de empresas de mediana a gran capacidad, que estén directamente relacionadas y familiarizadas con la producción y exportación de esta fruta en fresco, con el fin de aprovechar sus excedentes.

Confituras, vinos y licores de piña. Representan un mercado muy restringido y de difícil competencia, por lo que actualmente estas actividades están dispersas y atendidas por pequeñas empresas, más que nada familiares y prácticamente artesanales, por lo que el consumo de fruta como materia prima es mínima, aprovechando los frutos más baratos del mercado.

Bromelina de piña. Esta opción ha sido propuesta como viable económicamente, pero nunca puesta en práctica en México. La idea parte de la utilización de los tallos residuales (es la parte con mayor contenido natural) de las plantas de piña, una vez que ha pasado la cosecha de la fruta, para obtener de ellos bromelina con fines medicinales y alimenticios. Plantas de Cayena Lisa y Española Roja son mejores para obtener este compuesto natural, que es parte del grupo de enzimas proteolíticas capaces de descomponer o procesar a las proteínas, y que se encuentra en mayor cantidad en los tallos de las plantas de piña y de las demás especies de la familia de las bromelias. El utilizar estos desechos daría un valor adicional a los restos vegetales en campo, los cuales en esta etapa del ciclo tienen el más bajo valor comercial. Sin embargo, estos restos tienen un alto valor biológico-nutrimental, como aportantes de materia orgánica al suelo, por lo que de realizarse su aprovechamiento, se debe sólo utilizar los tallos (representan el 30 % del peso de

la planta sin fruto) y dejar las hojas e hijuelos para su posterior incorporación al suelo. La bromelina se extrae bajo una diversidad de procesos, algunos patentados, y se vende en múltiples presentaciones, cada vez más avanzadas para su mejor asimilación. Para recuperar en parte valor de los desechos de esta actividad, el residuo que queda después de su extracción puede ser procesado en silos o aportado directamente para alimento animal, si es que está libre de tóxicos.

Fibras textiles de piña. Esta opción representa la oportunidad de utilizar las hojas maduras más largas de las plantas de piña que quedan en campo como residuo vegetal, después de las cosechas, para obtener fibras textiles de alta calidad. Cada planta tiene aproximadamente 50 hojas activas, de las cuales 25 pueden ser utilizadas para la obtención de fibra. Cada año se quedan sin aprovechar los restos vegetales de 15 mil hectáreas, los cuales son triturados para su incorporación al suelo. A esta fibra cruda, también conocida como "pita", puede dársele valor agregado mediante la elaboración de artículos artesanales típicos mexicanos, como tejidos y adornos para ropa, aretes, pulseras, llaveros, cintillas para navajas y los clásicos cinturones y fundas de piel con dibujos o letras formados con hilos o hebras de pita, por lo que les llaman "pitiados", entre otras muchas curiosidades. Las fibras textiles naturales actualmente tienen mayor preferencia entre las nuevas generaciones por ser ambientalmente más aceptables, oportunidad que deben aprovechar los productores y artesanos regionales para promover el uso de la fibra de la piña en el mercado mexicano y extranjero. Por esta razón, en 2004, el INIFAP y la UACh, con apoyo de la Fundación Produce Veracruz AC, realizaron el trabajo de investigación "Adaptación de un método para la extracción de fibra de la hoja de piña *Ananas comosus* (L) Merrill en la comunidad de la Unión, Rodríguez Clara, Veracruz" (ver documento UPAEP, 2005), que también sirvió como trabajo de servicio social para Mora Rodríguez Beatriz y Mozqueda Balderas Rosalba, alumnas de Ingeniería Agroindustrial.

Se concluyó que las hojas ideales para la extracción son las 20 o 25 que se encuentran en un punto intermedio (C, D y E), ya que las hojas muy jóvenes son muy cortas y con poco porcentaje de lignina, en relación con pectinas y celulosas, mientras que las más viejas, además de también ser cortas, están más deterioradas y demasiado duras para trabajarse. El método de extracción manual fue diseñado por los investigadores y estudiantes a partir de una mezcla de técnicas utilizadas

por los “ixtleros” del Valle del Mezquital y por los artesanos que trabajan la pita en el sur-sureste del estado de Veracruz. También se diseñó y avaluó un prototipo de desfibradora mecánica que demostró la factibilidad técnica de mecanizar esta operación, que es la que mayor mano de obra consume, para hacer más rentable el proceso de extracción de la fibra. Una vez cosechadas las hojas útiles (completas y desde su base) en campo, éstas se mantienen bajo resguardo del sol y se ponen con su base en agua para que se hidraten lo más posible; una vez en el taller, se procede a su “raspado”, haciéndolo hoja por hoja, empleando como base un “burro” hecho de madera dura y como raspador, un trozo de madera de bambú; también puede utilizarse la desfibradora mecánica, aunque resultó menos efectiva en la extracción; con esto se logra descubrir la mayor parte de las fibras de la pulpa de la hoja, separándolas entonces de manera manual y procediendo a “peinarlas”, no sin antes amarrarlas de su extremo basal para su lavado con detergente, limón y agua corriente. Una vez lavadas, se les da un blanqueado, exponiéndolas al sol.

Por último, las fibras se hilan utilizando un malacate muy común entre los ixtleros del Valle del Mezquital, o mediante otra técnica que así convenga. Una vez hilada, la fibra puede ser utilizada directamente por artesanos locales o ser vendida a otros, ya sea para elaboración de prendas de vestir o para las artesanías antes mencionadas.

Forraje de piña “en verde” o “ensilado”. El Bajo Papaloapan, además de ser la principal región productora de piña, es una de las mayores productoras de carne de bovino del país, con una población de 2 millones de cabezas. Por las características del régimen de lluvias, año con año se presentan problemas de disponibilidad de alimento para gran parte de este ganado, debido a que las praderas agotan su producción natural, principalmente cuando las lluvias decrecen entre diciembre y mediados de junio. Es entonces cuando los restos de las plantaciones de piña son aprovechados, en su mayoría, como fuente de alimento emergente o suplementario para este ganado. Desafortunadamente, la gran mayoría de los restos vegetales se utilizan en forma directa, por lo que se desperdicia el 80 % de ellos; asimismo, el suelo del predio recibe una compactación excesiva por el pisoteo de los animales, además de contaminarse con material fecal del ganado, lo que contraviene los protocolos de inocuidad y de buenas prácticas agrícolas, ya que se incrementa el riesgo de presencia de microorganismos

patógenos totalmente indeseables para la actividad piñera, sobre todo para la de exportación, que es la que más requiere de certificaciones al respecto. Lo ideal es que estos restos sean primero cosechados adecuadamente en campo y luego procesados, ya sea en ensilados o mejorados en su presentación para darles mayor valor nutritivo y comercial, incluidos los desechos industriales. Seguramente estos productos tendrían alta demanda como alimento para el ganado, principalmente en época de secas, aunque también lo podría ser durante todo el año, en engordas intensivas, que ya existen en la región.

8.4 Mercado fresco de exportación

En la década de los ochenta del siglo XX, con el desarrollo de mejores sistemas de transporte, almacenamiento y conservación, los flujos de piña en fresco de exportación empezaron a incrementarse para su comercialización en el mundo. Antes de ese avance tecnológico, los volúmenes de exportación de fruta en fresco permanecieron en niveles muy bajos, ya que únicamente eran ofertados por las regiones productoras cercanas a las zonas de consumo. Demerutis (2007), señala que, de hecho, fue la entrada al mercado mundial de la piña MD2, la que ocasionó una siembra masiva por parte de muchas empresas, para satisfacer la exigente demanda mundial de piña en fresco. Sin embargo, resalta que este rápido crecimiento de plantaciones en varios países no fue acompañado con el desarrollo de un paquete tecnológico, tanto en pre como en poscosecha, lo que ha generado una serie de problemas en la calidad de la fruta que se envía a este mercado destino.

En el caso de México, la aparición de la piña MD2 en el mercado internacional en 1996 no fue un fenómeno ajeno o desapercibido, ya que incluso, un año antes (1995), investigadores en piña del INIFAP introdujeron el primer lote de material genético (cinco vástagos, totalmente desinfestados y desinfectados, de excelente procedencia genética y fitosanitaria) de este híbrido, al Bajo Papaloapan; luego fueron unos 50 mil hijuelos, por una empresa piñera en 1997; y, finalmente, volúmenes considerables, después de 2002, importados de Costa Rica e incluso de Guatemala, con recursos particulares, federales y estatales, estos dos últimos mediante programas de apoyo a productores y gestionados por el COVERPIÑA, teniendo como sustento el Plan Rector Estatal, que incluyó el proyecto de "Reconversión a Piña MD2". Entre 2005 y 2010, se presentó un período de incremento intensivo utilizando la

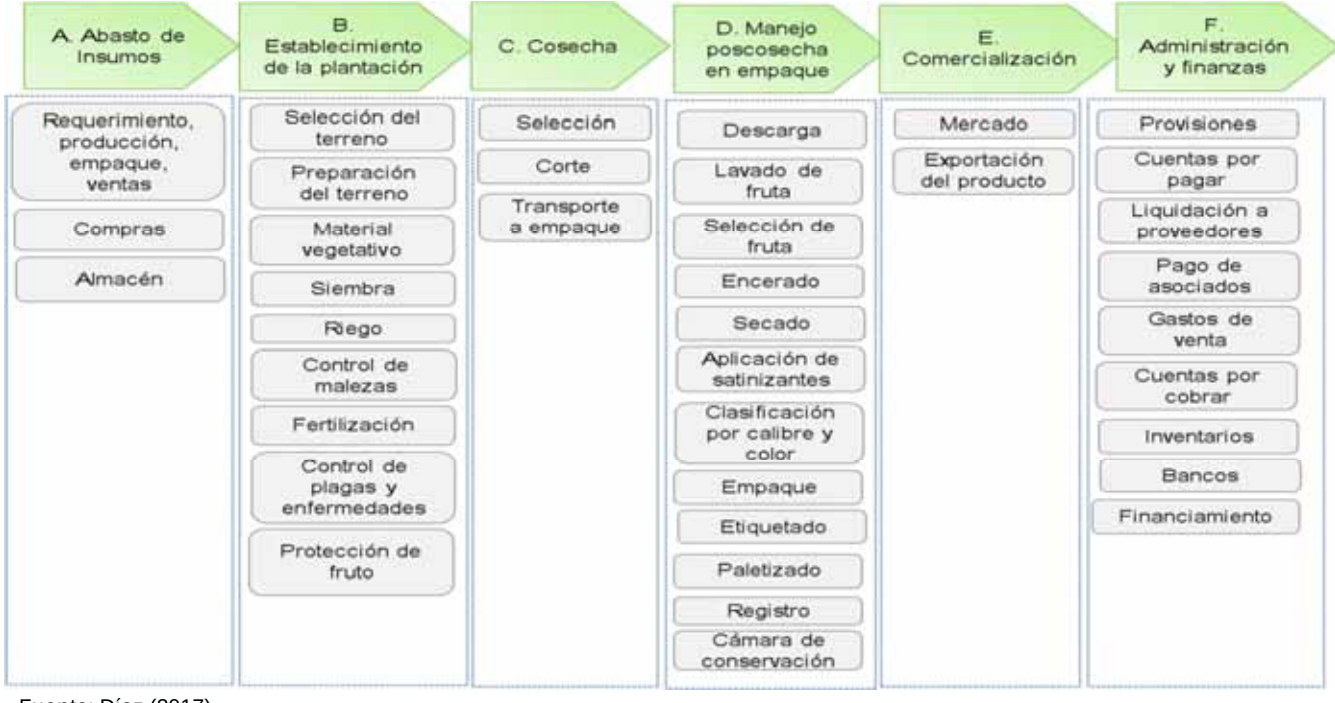
tecnología de multiplicación intensiva con métodos convencionales mejorados que el propio INIFAP determinó y propuso como los más convenientes (Rebolledo et al., 2011), pero nunca mediante el cultivo de tejidos, por su alto % de individuos "fuera de tipo" que se obtenían en esa época. Tan solo en 2006, se canalizaron apoyos a los productores para la adquisición de 3.5 millones de hijuelos, como material vegetativo de este nuevo híbrido de piña MD2, contando con apoyos del "Programa de Competitividad por Ramas de Producción", a través del cual se lograron adquirir (Espinoza, 2015). Posteriormente, a partir del ejercicio 2009 y por la iniciativa presentada por el mismo COVERPIÑA, se promovió la dispersión de material vegetativo de este híbrido entre el mayor número de productores y empresas interesadas, mediante apoyos del proyecto "Trópico Húmedo". Años después, a partir de 2012, asegurado el abasto interno de "semilla vegetativa" de MD2 y concretada la primera etapa de reconversión para sustituir con este híbrido a la variedad Cayena Lisa en superficie y porcentaje necesario, se logró mejorar la competitividad de los productores de piña, incrementando la superficie y producción de la también llamada piña "Miel", a fin de aumentar la presencia de nuestro país en el mercado de EUA y Canadá.

Este objetivo de reinsertarse en el mercado mundial de piña en fresco, el cual prácticamente quedó bloqueado para la variedad Cayena Lisa, se consiguió con todos estos proyectos, ya que de las 20 mil toneladas de fruta fresca exportadas anualmente a inicios de este siglo XXI, se exportaron alrededor de 100 mil toneladas a finales de esta segunda década. Además del incremento en volumen, ahora la mayor parte de las piñas mexicanas que se exportan a EUA son más inocuas, producidas con 40 % menor impacto ambiental, si se producen bajo ambiente protegido, y se comercializan debidamente desinfectadas, empacadas y con sistemas de trazabilidad e identificación, para conocer su origen y sistemas de manejo aplicados.

Dada la importancia de las exportaciones de piña y los retos que ello impone en el manejo de poscosecha, a continuación se detallan algunos de los aspectos más importantes en cada una de las etapas del proceso de empaque de fruta de piña MD2, para su exportación a EUA. La figura 31, muestra una síntesis de este proceso, practicado en la región piñera veracruzana y en otras partes del mundo que también exportan esta fruta. Tales actividades se describen en los siguientes apartados.

Figura 31.

Proceso de producción de fruta de piña MD2 de exportación en fresco y su empaque en la región Bajo Papaloapan



Fuente: Díaz (2017).

8.4.1 Selección y cosecha del fruto en campo

La selección y cosecha de frutos de piña para su exportación en fresco es la actividad más exigente de las practicadas en este cultivo. Sólo las plantaciones que han sido manejadas bajo estrictas normas de manejo fitosanitario e inocuidad, pueden ser cosechadas para aportar frutos a este mercado. Además de autoabastecerse en lo posible, la mayoría de estas empresas han desarrollado un sistema de abasto externo, ya sea mediante proveedores permanentes que han adoptado los sistemas y programas de manejo adecuados y que son supervisados por los propios técnicos de la empresa, o mediante proveedores ocasionales, los cuales deberán ser auditados por la propia empresa para demostrar que sólo han utilizado durante el ciclo, los agroquímicos autorizados para este cultivo por las autoridades competentes en México y EUA. Debido a que la lista de ingredientes activos autorizados (Anexo 4) cambia constantemente (ya sea que se le retiren los permisos de uso a algunos ingredientes activos, que tienen evidencias de ser nocivos a la salud; o bien, que se les otorguen a otros nuevos, con mejores características para la salud y medio ambiente), los productores y exportadores, deben estar al pendiente de esos cambios, para evitar problemas en las aduanas (por presencia de restos de i.a. no autorizados o superiores a lo permitido) y con sus clientes.

Del lote de fruta a cosechar para el mercado de exportación, antes de ser cosechado, el responsable debe verificar que se cumpla con los siguientes requisitos:

Fitosanidad. Los frutos del lote de interés deben estar libres de plagas, enfermedades y semillas o propágulos de malezas y descomposición externa o interna, con énfasis en los problemas considerados como perjudiciales, graves y cuarentenarios. En la práctica, durante el proceso de empaque, resulta muy difícil o costoso tratar de eliminarlos totalmente, por lo que algunos de los más persistentes continuarán, poniendo en riesgo la aceptación del embarque por las autoridades aduanales del país importador o por el adquiriente de la fruta exportada. Si el problema detectado puede eliminarse durante el proceso de lavado, la fruta afectada puede aceptarse, con la condición de que quede totalmente limpia al final de su empaque.

Peso/tamaño (calibre). En el lote a cosechar el peso de los frutos predominantes debe corresponder, en su mayoría, al del calibre solicitado por el

cliente. Este calibre está determinado en función del número de frutos que caben en la caja en que se empacan para su comercialización final. Como actualmente es la caja de 25 lb (11.35 kg) la más usual (90%) en EUA, los calibres van del 4 al 10, donde los pesos promedios de los frutos oscilan entre los 2.8 a 1.1 kg (Cuadro 25), siendo los preferidos por los consumidores norteamericanos los calibres 6 y 7, con un rango de peso de 2.0 a 1.5 kg.

Cuadro 25.
Características de los calibres, y peso de la fruta de piña MD2 destinada para exportación en fresco, y preferencias del mercado de EUA

Calibre*	Peso x fruto (kg)	Rango de peso (kg)	% Demanda** (EUA)
4	2.8	2.6 – 3.0	0
5	2.3	2.0 – 2.6	10
6	1.9	1.7 – 2.0	30
7	1.6	1.5 – 1.7	45
8	1.4	1.3 – 1.5	15
9	1.2	1.15 – 1.3	0
10	1.1	1.0 – 1.15	0

*Número de frutos por caja de 25 libras/11.3 kg; **Los reportados con 0 son muy poco solicitados a las empresas.
Fuente: Elaboración propia.

Si no se seleccionan adecuadamente y cosechan en campo los frutos con los pesos (calibres) requeridos, en el empaque habrá un alto porcentaje de fruta rechazada por esta variable o, en su defecto, si esta fruta fuera del peso llega a empacarse y enviarse a EUA, habrá una devolución completa o parcial del embarque.

Forma. Los mejores frutos son los que están bien definidos en todas sus partes, cilíndricos, rectos, sin deformaciones y con una sola corona, recta y cuya relación fruto/corona sea entre 1:1 y máximo 1:1.5. Aquellos frutos que presenten un ligero grado de inclinación en su corona, podrían ser empacados si el cliente así los acepta, previa negociación entre las partes. Los frutos normalmente presentan una diferencia en la longitud de su cara que da al sol y la cara que queda sombreada, siendo esta última la más desarrollada y sin daños por quemaduras y malformaciones que su opuesta (Figura 32). El Índice de Forma del Fruto (IFF)

(relación entre “Cara-Sol” y “Cara-Sombra”), cuando los frutos se protegen con alguno de los métodos convencionales, es normalmente de 0.90 o menos; mientras que, cuando la protección se hace con malla-sombra plástica, la forma del fruto se acerca cada vez más a un índice de 1.0, entre mayor sea el tiempo de protección con ella, siendo lo ideal que la malla-sombra se coloque sobre la plantación de interés, desde al menos un mes antes del TIF.

Figura 32.
Efecto del sistema de protección contra el sol sobre la deformación en piñas MD2, donde el Índice de Forma del Fruto se incrementa con malla-sombra plástica, por ser más eficiente, aunque en este caso sólo logró 0.94 porque se le protegió únicamente durante su última etapa de desarrollo (1.5 meses antes de su cosecha)

Limpieza. Los frutos no deben tener la mínima presencia o restos de materiales extraños, ya sean de origen químico, físico, orgánico (microbiológico) o sensorial. Ejemplos de ellos pueden ser: residuos tipo hollín emitidos por fábricas cercanas, que se adhieren a las paredes del fruto; productos tipo arcillas, talcos y arenas que se aplican para proteger al fruto o eran base para otro activo, como pesticidas; excrementos de roedores, pájaros u otro tipo de fauna silvestre, o incluso de ganado mayor, cuando el excremento está seco y es transportado por el viento

de establos o engordas cercanas. También deben estar exentos de olores y sabores extraños, no propios de la piña. Si el problema detectado puede eliminarse durante el proceso de lavado, sin que la parte interna se contamine, la fruta afectada puede aceptarse, si ésta queda totalmente limpia al final, durante su proceso de empaque.

Integridad física. Los frutos no deben tener indicios de golpes, magulladuras, rasgaduras, quemaduras, heridas recientes con gomosis o ya cicatrizadas u otros tipos de daños mecánicos. La corona debe estar bien turgente, con una coloración siempre verde brillante uniforme, libre de lesiones y quemaduras. Así también, el pedúnculo que queda adherido al fruto debe ser pequeño, bien recortado y haberse desprendido de manera uniforme, sin desgarrar la parte interna y carnosa del fruto.

Uniformidad en su edad. Esta variable es reflejo de la eficiencia del TIF aplicado a un lote determinado y se refiere a la uniformidad con que las plantas respondieron al tratamiento. Entre mayor sea el diferencial (días transcurridos entre las primeras inflorescencias emergidas y las últimas, después del TIF), mayor será la discrepancia de edad entre ellas y, por lo tanto, de los frutos (frutos con 1, 2 y hasta 3 semanas de diferencia en edad entre ellos), por lo que sus características de desarrollo externo e interno serán distintas. La práctica en campo ha demostrado que los frutos cuando ya están en la etapa de madurez fisiológica (aun totalmente verde en su exterior), es difícil diferenciar exteriormente aquellos que discrepan en su edad, a veces de tan solo una semana, sin embargo, internamente tienen una madurez contrastante y quizás, no la solicitada para ese pedido en específico, por ser mayor o menor, al solicitado por el cliente. De no considerar este detalle, los frutos cosechados en un mismo lote calificado como “aparentemente uniforme”, seguramente resultarán muy heterogéneos en su edad y grado de desarrollo, lo que comprometerá el requisito de uniformidad de la madurez interna (grado de translucidez) y de los grados brix que deberían tener todos los frutos que componen un lote o “embarque” enviado. Así, las mejores empresas que actualmente abastecen el mercado de exportación en fresco y que ofrecen los frutos con la mayor uniformidad en sus características internas de madurez y calidad, procuran –primeramente– lograr en campo una inducción floral eficiente y con una brotación de inflorescencias (futuros frutos) lo más uniforme posible, como la mejor alternativa para acortar las diferencias de edad entre ellos.

Para tratar de identificar en campo, frutos con diferencias de edad de una, dos o tres semanas entre ellos, algunas empresas y sus proveedores, marcan con pintura no lavable, alguna hoja superior (de las más visibles) de cada planta conforme cada "camada" de inflorescencias va emergiendo después del TIF. Cada una de diferente color, para que posteriormente se cosechen de manera diferenciada en su oportunidad y no se haga de manera conjunta con las demás, que obviamente no tienen el mismo nivel de madurez y características internas.

Concordancia entre los grados brix del fruto, la madurez interna (grado de translucidez) y la madurez externa (grado de desverdización), al corte. Generalmente, un fruto para el mercado fresco nacional madura de manera natural adherido a la planta, y se cosecha cuando alcanza el grado de madurez externa adecuado y al gusto y solicitud del cliente, por lo que el responsable de la cosecha deberá considerar la distancia/tiempo de traslado a su centro de distribución y consumo, pero principalmente, la estación del año cuando se realice. Los grados más frecuentes de corte que los grandes comercializadores piden para las piñas en fresco que se consumen en México, van de "¼ de Cara" a "¾ de Cara", siendo el dominante el de "½ Cara" (ver cuadro 23, grado 2 piña mercado nacional), casi siempre con 15 °Brix (o más) y una madurez interna o grado de translucidez de la pulpa de 3 a 4, los cuales se logran entre 5 a 10 días antes de que se complete su maduración natural, tiempo suficiente para su comercialización y consumo final.

En contraste, los frutos que se destinan al mercado fresco de exportación, deberán cosecharse con grados de translucidez o de madurez interna de la pulpa de 0 a 2 (máximo 3), valores que generalmente se alcanzan cuando los grados de maduración externa de las frutas –aun sin recibir el tratamiento hormonal (etefon) para desverdizarlas– corresponden en términos regionales, desde el denominado "Sazón", al "Pintón" o, incluso, hasta el "Pintón Revuelto", pero antes de que el color amarillo alcance "¼ de Cara". Sin embargo, tratar de venderlos como fruta de exportación con esos colores externos, totalmente naturales, pero donde el verde predomina entre un 85 y 100%, no es comercialmente viable, ya que los consumidores norteamericanos sólo tienen en mente piñas de llamativos colores (amarillo o anaranjado) con una atractiva y verde corona, aunque por dentro su madurez no sea tan avanzada. Es por ello que la cáscara de estos frutos deberá

desverdizarse de manera artificial, para que adquiera un color uniforme y comercialmente atractivo para el consumidor final.

A diferencia de los frutos destinados al mercado fresco nacional, los cuales no tardan más allá de siete días en distribuirse en los diferentes puntos de comercialización del país para su venta al consumidor final, los seleccionados para el mercado fresco de exportación necesitan entre tres y siete días sólo para ser transportados de las principales regiones piñeras de México a los lugares de comercialización al mayoreo en EUA (frontera y puntos de la región central, más lejanos), y al menos otros cinco a diez días para que se vendan a los clientes finales. Por ello, estos frutos a exportar se deben cosechar, invariablemente, entre 15 y 30 días antes de que se complete su maduración natural en la planta.

Sin excepción, estos frutos destinados para el mercado fresco de exportación, a EUA, antes de ser cosechados, deben haber alcanzado su plena madurez fisiológica y tener al menos 12 °Brix o más, con una madurez interna o grado de translucidez de la pulpa (al momento y en el sitio de la entrega del embarque) de 1 o 2 (ver cuadro 24), siendo 2 el más frecuentemente requerido. Dada nuestra cercanía a EUA, se envía fruta con un grado de madurez natural más avanzado y agradable al paladar del consumidor, incluso hasta de grado 3, pero sólo a solicitud específica del cliente (*broker*) cuando tiene asegurada una venta o pedimento de este tipo.

Si bien es una necesidad que los frutos de piña para la exportación en fresco se cosechen lo más verde posible, ya que de otra manera llegarían a su destino final sobremaduros, flácidos y expulsando líquidos internos que provocan rechazo por parte del consumidor, es también una obligación y responsabilidad del exportador que estos sólo se cosechen una vez que hayan alcanzado su madurez fisiológica (entre 135 a 165 días después del TIF, según época de cosecha). Este período de vigencia comercial, que representa su vida de anaquel, depende: i) de la sanidad e integridad física del fruto; ii) de la consistencia de su pulpa y cáscara, y iii) de la calidad de su cadena de frío y del cuidado que haya recibido en su manipulación, durante su cosecha, empaque y traslado a los centros de venta.

Luego de ese corto período de vida comercial, las piñas entran en franco declive por senescencia por varias causas: i) al perder agua por transpiración (deshidratación); ii) por la degradación de los ácidos orgánicos; iii) la transformación

de los azúcares en otros compuestos propios de la degradación, y iv) por la liberación de agua de los tejidos internos a causa de la transformación de las proto-pectinas (que retienen el líquido dentro de las células), a pectinas solubles (que ya disueltas, permiten la liberación de los jugos celulares), lo que hace blandos a los tejidos y muy expuestos a derramar su contenido al exterior, lo cual en el mercado fresco internacional, es inaceptable.

Con respecto a la madurez externa de la fruta a exportar, exigida por los *brokers* e inducida artificialmente, esta es muy variable y puede ir del grado 1 al 3 (piña mercado exportación, ver cuadro 24), dependiendo de la distancia a la que haya que mandar el embarque y especificaciones del cliente. Lo normal es que, a consecuencia del etefon aplicado, la mayoría (más del 75%) de los frutículos (ojos) tengan su centro claramente coloreado de amarillo, o que ya se encuentren totalmente amarillos hasta el borde del ojo, pero todavía con áreas verdes y bien definidas, entre los frutículos (ojos).

Existe una notable diferencia en el proceso de amarillamiento del fruto cuando éste ocurre de manera natural, a cuando es el resultado de una aplicación artificial de hormonas (etefon, que genera etileno). En el primero, el proceso y avance de amarillamiento del fruto (en este caso, de madurez real) se da "ojo por ojo", de manera progresiva y ascendente, iniciando con los frutillos de la base (los primeros en formarse) y avanzando hasta terminar en los de la parte superior (los últimos en formarse) de la bola (antes, inflorescencia), alrededor de 180 días después del TIF. En contraste, el proceso de maduración artificial (con etefon), que no es más que un simple cambio de color (la clorofila se degrada y permite la expresión de otros pigmentos –como los carotenoides y antocianinas– pero no es maduración real) ocurre al mismo tiempo y de manera simultánea, en "todos los ojos", iniciando el en el centro de cada uno de los frutillos y avanza hasta que todo su centro y periferia se amarillan (evolución radial y expansiva), incluido al final los bordes y áreas inter-frutillos (inter-ojos), aunque –por ser los de la base los más viejos– estos casi siempre presentan una mayor velocidad de cambio al color amarillo y naranja.

Por esta razón, la clasificación del grado de maduración externa en fruta de exportación, se basa en el porcentaje generalizado de avance del cambio, del color verde al amarillo, de la superficie total de la cáscara y más particularmente en el avance del color amarillo –en un sentido radial– del centro de cada "ojo" del fruto, a

sus bordes, siendo los tejidos de las áreas que conforman su periferia, entre los frutillos, lo últimos en colorearse o perder la tonalidad verde como se muestra en la figura 30. Es por ello que el tratamiento de desverdización (con etefon), deberá aplicarse oportunamente, considerando que este cambio en coloración tarda de tres a seis días en hacer efecto en campo, para que los frutos se cosechen con los valores de madurez externa e interna programados, para que luego –durante su traslado a los centros de consumo– el color amarillo avance lo necesario y las piñas así tratadas, luzcan bien para los consumidores finales.

Para lograrlo y no arriesgar innecesariamente el lote de fruta a exportar, se deben ir midiendo y monitoreando estas variables en los lotes próximos a cosechar, con base a muestreos confiables aplicados de manera oportuna (a diario o máximo, cada dos días) y con mucho más detalle a partir de que las frutas alcancen su madurez fisiológica (Grado 0, o Sazón). Con respecto al contenido de azúcares del fruto, éste debe ser superior a 12 °Brix; sin embargo, algunos clientes, menos exigentes, permiten y se conforman (bajo acuerdo mutuo) con 11 °Brix, aunque también hay otros –mucho más exigentes que el promedio– que piden que sean de al menos 14 °Brix, por considerarlos como los mínimos necesarios para comercializar mejor la fruta entre los consumidores, igualmente exigentes.

En los lotes de interés, cuya cosecha está próxima, se muestrea al azar un número representativo de frutos por tabla para conocer el estado de maduración y la homogeneidad de las piñas. En lotes muy homogéneos se muestrean alrededor de diez frutos, pero si la edad, tamaño y grado de madurez de los frutos es heterogénea, este número a muestrear debe duplicarse o triplicarse, según necesidades de precisión de la información. Las empresas que no arriesgan la uniformidad de sus embarques (en cuanto a madurez y calidad de la fruta) desechan lotes desuniformes y los destinan a otros mercados, no al de exportación.

Este muestreo se repite al menos cada dos días hasta que la fruta alcanza al menos los 12 o 13 °Brix requeridos para poder cosecharlos. La frecuencia del muestreo aumenta, sobre todo cuando las condiciones del tiempo (clima) varían notablemente y se muestran con valores de temperatura, humedad y radiación solar, contrastantes entre ellos.

A cada fruto muestreado se le determina cuál es su “Cara-sol” y cuál su “Cara-sombra”, ya que cada una tiene sus propias características por su diferente tiempo

y grado de exposición a la radiación solar, por lo que normalmente en la cara más expuesta a la radiación ultravioleta-tipo B, sus tejidos externos e internos presentan un notable subdesarrollo y valores de calidad menores. Esta área afectada representa una superficie y volumen de 15 a 20 % del fruto, pero es importante diferenciarla cuando se hacen los muestreos, ya que los datos tomados en ella no son los más representativos del fruto en su conjunto, por lo que invariablemente deberá ser la "Cara-sombra" (que representa entre el 80 y 85 % del fruto), la que se utilice para las determinaciones correspondientes, que se detallan a continuación:

Grado de madurez externa*,* la cual, se determina con base al cuadro 24.

Para analizar el grado de madurez interna, el fruto se corta de manera longitudinal en dos mitades ("Cara-sol" y "Cara-sombra"). La "Cara-sombra", se divide imaginariamente en cinco partes iguales (equivalentes a los cinco diferentes grados de avance de la madurez o translucidez), la cual se determina de la base al tope superior (grado 1 al 5), en donde se observa y califica directamente el avance de esta variable, con base en la tonalidad o apariencia acuosa de la pulpa, característica propia de la translucidez.

A la misma mitad evaluada se le extrae una muestra representativa del jugo contenido en la pulpa en toda su longitud y se le determinan sus grados brix mediante un refractómetro de mano, debidamente calibrado. Estos deben de ser, de al menos 12 °Brix.

Así entonces, se puede caracterizar a un fruto mediante una clave de tres dígitos, como puede ser, por ejemplo, 12-0-0, o bien 12-1-0, donde el primer dígito se refiere a los grados brix, el segundo al grado de madurez interna y el tercero, al grado de madurez externa.

Una vez determinado que los frutos ya alcanzaron los grados brix necesarios (arriba de 12 °Brix), y que la translucidez de su pulpa y el color de la cáscara no han rebasado lo requerido por el comprador, se les aplica el tratamiento de desverdización.

Es entre el tercero y sexto día después de haber aplicado el etefon, una vez que los primeros frutos alcancen el grado de color externo deseado –pero antes de que el grado de translucidez interno requerido sea rebasado– cuando se puede iniciar su cosecha, para su inmediato envío al empaque. El grado de madurez externa inducida al que se cosechan los frutos, dependerá de la distancia/tiempo

de desplazamiento del embarque a los centros de distribución-consumo y de las preferencias específicas de cada cliente mayorista.

Debe resaltarse que, en la práctica, en cada corte o "paso" de cosecha, normalmente se aprovecha para recolectar los frutos en todos los diferentes grados de madurez externa que la empresa necesite para empacar ese día, que regularmente son los grados 1, 2 y 3 los más solicitados, aunque también es posible que sólo sean los que tengan el grado que más interesa, para un pedido en especial.

Debido a que los frutos en cada lote tratado con etefon alcanzan el grado de madurez requerido de manera gradual, en la práctica, la cosecha de fruta se hace de manera simultánea en varios de ellos, donde en cada lote sólo se cortan los frutos que reúnen las características solicitadas por los clientes, para completar los pedidos requeridos en esas fechas en particular.

Si bien la única manera de obtener datos certeros y oportunos para determinar el punto de desverdización y luego el punto de cosecha más adecuado para la fruta de exportación, es el monitoreo constante en campo (cada uno o dos días) de los lotes próximos a iniciar su maduración natural; también se debe considerar, que bajo las condiciones ambientales y de fotoperíodo en que los cultivos se desarrollan en México, los ciclos entre el TIF y la cosecha del fruto a madurez completa, varía entre 150 y 210 días (cinco a siete meses), con promedio de 170 días (5.7 meses), aunque se han presentado condiciones que acortan o alargan estos períodos extremos (entre 10 y 15 días).

Esto es importante para fines de estimación y programación de las cosechas en cada lote inducido durante toda la temporada (tiempos de disponibilidad y flujos de fruta a comercializar), por lo que el monitoreo detallado y constante de la evolución de los indicadores de cosecha (grados brix, translucidez de la pulpa y color de la cáscara) en las plantaciones, es la única alternativa práctica para asegurar que los frutos sean cosechados oportunamente y con las características de fruta y madurez que el mercado exige.

Es una realidad que las condiciones agroclimatológicas que prevalecen en las regiones productoras de piña en México, por efecto de la latitud (18° LN) a la que estamos ubicados, son muy contrastantes y mucho más extremas que las que ocurren en Costa Rica (que está a 10° LN). Esto, además de afectar de manera significativa el desarrollo de las plantaciones, lo hace de modo aún más notorio con

los procesos de maduración del fruto, principalmente en cosechas de invierno y cosechas de verano, cuando la duración del día/noche y las temperaturas, son más dispares. Esto significa que, para cada época, los valores numéricos que definen el Índice de Cosecha, son muy específicos y diferentes, por lo que es obligatorio monitorearlos y tratar de cumplirlos lo más posible, para así satisfacer cada vez más, las necesidades y gustos de los clientes en EUA, que son los que primordialmente, debemos atender.

Por las condiciones climatológicas tan cambiantes que se presentan en las principales regiones productoras de piña en México (más extremas que en Costa Rica), durante los días más fríos y nublados del invierno, los valores de azúcares exigidos en frutos de exportación (>12 °Brix) son, en ocasiones, difíciles de alcanzar sin rebasar los grados de translucidez de la pulpa (< grado 2) exigidos por este mercado, seguramente debido a la ocurrencia de menor radiación, temperatura y humedad; en contraste, durante el verano, los grados Brix se logran más rápidamente por la mayor disponibilidad de radiación, pero la translucidez también avanza muy rápido por la presencia de lluvias y altas temperaturas, por lo que –en ambas épocas– en los lotes próximos a cosechar, se debe extremar la frecuencia de los monitoreos de fruta, incluso diarios, para no incumplir con este requerimiento, por el cual muchos embarques de fruta mexicana podrían ser cuestionados, castigados o definitivamente rechazados en los puntos de recepción por el deficiente o incluso mal estado en que les llegaría el producto, con sus negativas consecuencias económicas y de imagen, para las piñas mexicanas.

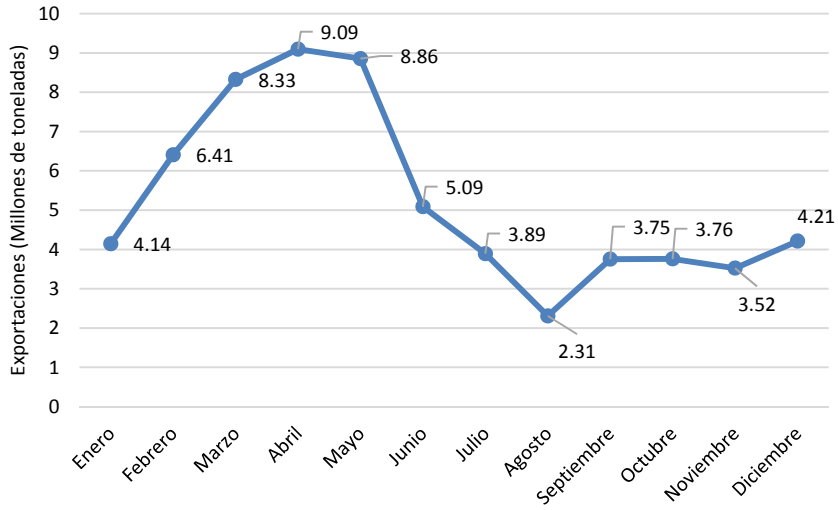
Por las evidentes y marcadas diferencias climáticas entre las estaciones del año que impone la ubicación geográfica de México, es que será muy difícil lograr la estandarización total de la calidad externa/interna de la fruta durante la mayor parte del año, ya que hay un período entre julio, agosto e incluso septiembre, donde las plantaciones son desuniformes en sus tamaños, formas (“coludas”, de “ojo grande” y “malformadas”), así como también lo son en sus características internas (°brix, translucidez, color, etc.), por lo que la gran mayoría de estas frutas no son adecuadas para exportar, por lo que los volúmenes de fruta enviada a EUA en este período, son los más bajos del año. Entre finales de agosto y septiembre, el precio de la fruta es generalmente alto en el mercado fresco nacional, por lo que esta fruta

heterogénea en sus características, puede tener mejor destino y precio de venta, en esta opción.

En contraparte, por la misma ubicación geográfica de nuestras principales regiones productoras, el principal mercado de las piñas mexicanas –que es EUA– está a tan solo 48 horas de tiempo-traslado vía terrestre, entre los sitios de origen-destino (1,200 km de distancia entre Isla, Veracruz, México y McAllen, Texas), incluido el cruce de frontera (Martner, 2006), factor que hace menos compleja la logística de cosecha-empaque-envío y abre la posibilidad de enviar fruta con mayor grado de madurez natural interna (2 o 3), lo cual representa una enorme ventaja para los productores, ya que es posible ofrecer a los consumidores estadounidenses, frutos con mejores características que los ofrecidos por los exportadores de Costa Rica, quienes tienen que enviar su fruta –también con al menos 12 °Brix– pero obligadamente con una madurez interna (translucidez) de tan solo 0.5 a 1 grado, ya que requieren de mayores tiempos-traslado vía marítima (entre 6 a 12 días) para tener su fruta disponible en Estados Unidos; o de 15 a 25 días si se tratara de algún país de la Unión Europea, o de incluso 30 días si se trata de otro lugar más lejano, como Japón, China o Rusia. Esta ventaja comparativa que tienen los productores mexicanos de piña no debe desaprovecharse y sí complementarse con otras ventajas que el manejo en ambiente protegido brinda a las piñas mexicanas cosechadas bajo estos sistemas más productivos y rentables, pero ecológicamente menos dañinos que los convencionales.

Con respecto a la translucidez de la fruta, se debe considerar que es un desorden fisiológico que puede iniciar e ir incrementando a partir de la sexta a la octava semana, antes de que el fruto alcance su plena madurez natural, que puede ser consecuencia de acciones anteriores a la cosecha y de algunas relacionadas a aspectos climatológicos, nutricionales o fisiológicos, así como a sus interacciones que, o bien la causan o al menos la predisponen, como Paull y Reyes (1996) señalan. Estos autores afirman que las causas de la translucidez son desconocidas y que en Hawái ha sido asociada con ciertos clones, altos niveles de nitrógeno, plantas vigorosas, fruta madurada en primavera, tratamientos con agentes de ampliación del crecimiento del fruto (como el CPA), frecuencias de irrigación, densidad de plantación, tamaño de las coronas y factores ambientales.

Figura 33.
Distribución mensual de las exportaciones de fruta de piña MD2 en fresco, como promedio de los años 2011-2017



Nota: Febrero-junio es el período de mayor envío; agosto, el menor; el mes de julio, y de septiembre-enero, de volúmenes intermedios.
Fuente: SIAVI (2018).

Este problema tiene un comportamiento estacional, ya que es más frecuente en ciertas épocas del año, como ocurre durante el paso de la primavera al verano, principalmente en el período de inicio y establecimiento de las lluvias (mayo, junio y julio). En esta época, el cosechar los frutos con estados de madurez bajo no es suficiente, pues de manera recurrente sus valores sobrepasan los requeridos cuando la humedad disponible en la planta se incrementa de manera violenta, a causa de alguna lluvia que ocurre después de un período considerable de franca o relativa sequía, donde la humedad disponible para la planta y fruto es restringida. Aunque es en esa época de transición (de sequía a lluvias) en la que más ocurre, también se puede manifestar en cualquier otra época o período, donde las condiciones de humedad para las plantas-frutos cambian de manera drástica, pasando de la escasez a la abundancia en poco tiempo, lo cual puede ocurrir

durante todo el año, pero con mayor probabilidad cuando esta condición se combina con altas temperaturas ambientales. Esto es notable en la Cuenca Baja del Papaloapan durante julio, agosto y parte de septiembre, cuando se presenta la sequía intraestival (canícula). Esta repentina y alta disponibilidad de agua para las plantas, después de períodos relativamente secos, incrementa violentamente las cantidades de líquido en el fruto, acumulándolo en sus tejidos más desarrollados y localizados en su parte basal. Esto provoca un considerable movimiento o intercambio de líquidos y azúcares entre el apoplasto (interior) y simplasto (exterior) de las células, por un mayor diferencial en sus concentraciones. Lo anterior resulta en una acumulación de agua en los espacios intercelulares (antes ocupados por aire), lo que se manifiesta con un cambio en la apariencia y densidad de los tejidos, pasando de un aspecto opaco a uno acuoso o translúcido, de ahí su nombre. Sin duda, una mayor acumulación de agua en la pulpa conlleva a un mayor grado de translucidez del fruto, condición que se agrava si sus tejidos están débiles por falta de calcio, ya que habrá mayor rotura y vaciado celular, pues por esta debilidad de las paredes celulares, el fruto quedará más expuesto a roturas por golpes, presiones o movimientos bruscos durante su cosecha, proceso de empaque y traslado a los centros de consumo.

De ahí destaca que la falta de calcio en las paredes del fruto es probablemente uno de los mayores problemas relacionados a la calidad y vida de anaquel de los frutos en las principales regiones piñeras de México, ya que los suelos son muy ácidos y deficientes en este elemento. Las condiciones climáticas reducen en mucho las tasas de evapotranspiración de las plantas durante el día y año y, por lo tanto, el envío del calcio a los puntos de crecimiento (frutos, coronas y vástagos), mientras que las cantidades de nitrógeno aplicado por planta/ciclo resultan muy elevadas, lo cual sustituye y reduce la presencia de calcio en los tejidos que más lo necesitan.

Desafortunadamente, la práctica del encalado dolomítico no está generalizada y cuando se realiza, frecuentemente la hacen con dosis insuficientes para contrarrestar la acidez, neutralizar el aluminio, manganeso e hidrógenos libres, y alimentar a las plantas y frutos del cultivo. Muchos productores aplican calcio en forma foliar y líquida en etapas cercanas al TIF y de formación y desarrollo del fruto, con base a nitratos y óxidos de calcio, pero en cantidades y frecuencias que no

parecen ser las más adecuadas o suficientes para resolver este problema, además de que la efectividad de asimilación de este elemento por las plantas –vía foliar–, principalmente el fruto, está muy cuestionada. Mientras tanto, los productores en su afán de lograr frutos de mayor tamaño y peso posible, aplican considerables dosis de nitrógeno durante la etapa vegetativa del cultivo e, incluso, frecuentemente después del TIF, hasta casi un mes antes de la cosecha, lo que resulta en un acentuado desbalance por los bajos niveles de calcio y excesivos de nitrógeno en los tejidos de la planta, principalmente durante el desarrollo del fruto.

Dada la alta frecuencia e intensidad de este disturbio fisiológico, que se presenta en las frutas de piña durante la temporada de cosecha en México, además del corte de fruta temprano para aprovechar su todavía bajo grado de avance, se deben considerar medidas precautorias encaminadas a reducir o evitar las condiciones que favorecen su ocurrencia y severidad. Entre las más importantes están:

Implementar un programa de mejoramiento del suelo que incluya el encalado dolomítico y la inoculación de micorrizas arbusculares eficientes, para mejorar sustantivamente el abastecimiento y la nutrición con calcio y lograr un balance adecuado con los contenidos de nitrógeno en planta y fruto.

Uso de acolchado plástico total y malla-sombra para mantener los niveles de temperatura y humedad más adecuados y constantes durante el ciclo, y así evitar cambios drásticos en esas variables, que hacen que los tejidos del fruto se expandan y contraigan de manera exagerada, y con esto impedir que se rompan. Además, la reducción de la temperatura a nivel microambiental bajo la malla-sombra, en 3 a 5 °C con respecto a la externa, permite a las plantas un mayor tiempo de transpiración, lo que aumenta el flujo de calcio a los meristemos y partes de la planta.

Monitoreo y adecuado manejo de los riegos de auxilio, para procurar mantener el contenido de humedad en la planta-fruto más constante, ya que a menores volúmenes aplicados -pero con mayor frecuencia- las plantas aseguran un mayor equilibrio hídrico durante su ciclo, incluso ante la amenaza de lluvias imprevistas que cambian drásticamente este balance.

Considerar y validar en campo y durante el empaque, la poda del 30 % de sus hojas (área foliar), tres semanas antes de cosecha, para reducir en 50 % la

translucidez, aunque sacrificando 10 % del contenido de azúcares (esto, aun no validado en México).

Evitar golpes, raspones y sobrecompactaciones por estibas inadecuadas, quemaduras o cualquier laceración que dañe la cáscara y la pulpa del fruto.

Encerado adecuado, que puede reducir la velocidad de desarrollo de la translucidez después de la cosecha, en fruta de bajo color en cáscara. Además, evita el oscurecimiento interno del corazón de la piña.

De acuerdo a la experiencia entre exportadores mexicanos e importadores *(brokers*) de EUA, el grado de translucidez (GT) (Cuadro 24) solicitado por estos últimos para cada uno de los lotes de fruta a adquirir, depende principalmente de la distancia existente entre el centro de recepción de la fruta importada, ubicados la mayoría en el sur de Texas (McAllen, Edinburg, Mission e Hidalgo) y el punto final de distribución/consumo (en el interior de los Estados Unidos), a donde será dirigido el lote de fruta de interés. Sin excepción, debe existir un acuerdo previo al respecto, entre el exportador y el comprador. El objetivo del acuerdo es que cuando la fruta llegue al comprador-consumidor final, ésta tenga entre 50 y 60 % de translucidez (grado 3) en promedio, que es cuando según la mayoría de los criterios degustativos, las piñas alcanzan su mayor palatabilidad o calidad de consumo.

Así entonces, los grados de translucidez más solicitados, según distancias al punto de consumo, son: grado 2, es el más solicitado de todos y corresponde al de sitios de consumo final ubicados a distancias medias o convencionales al punto de importación; grado 3, para sitios un poco menos cercanos, pero que aún pueden atenderse en escasos días; grado 4, se solicita muy poco y sólo para fruta que se consumirá localmente o en lugares cercanos o periféricos al sur de Texas, y grado 1, solicitado en ocasiones excepcionales y poco frecuentes, sólo cuando el lote de fruta deba recorrer mayores distancias-tiempos para llegar a puntos de venta y consumo final más lejanos a los tradicionalmente atendidos por el *broker*, con piñas mexicanas.

En las zonas piñeras de México, hasta ahora, la única alternativa práctica para tratar de lograr frutos con los grados de translucidez requeridos para exportarlos, es manejando las plantaciones con la mayor uniformidad posible, dándole a plantas y frutos condiciones más estables para su crecimiento y desarrollo (con manejo en ambiente protegido), y cosechándolos en estados de maduración que hayan

rebasado su madurez fisiológica, con valores superiores a 12 °Brix, pero lo menos "verde" posible, para lograr una mayor madurez natural que las de piñas de Centroamérica, siempre y cuando no excedan los límites impuestos por los compradores.

La cosecha de fruta en un lote específico, generalmente se realiza en tres etapas más o menos definidas, una vez determinado el cumplimiento de todos los requisitos y resuelto que los frutos son adecuados para los fines de exportación de la empresa:

a) Cosecha de áreas perimetrales. Representa menos del 5 % de total de frutos del lote. También es conocida como "cosecha de calentamiento", la cual consiste en la recolección de la fruta que presenta una maduración adelantada con respecto al resto de los frutos del lote a cosechar. Los frutos del lote que primero maduran son los que se desarrollan en las plantas que conforman las hileras perimetrales y las que están dentro de un límite de hasta 1.5 metros de las orillas de andadores y drenes, esto por su mayor exposición a la luz y disponibilidad de espacio y nutrientes y, posteriormente, aquellos que se ubican en el interior de la plantación.

b) Cosecha principal. En esta etapa se recolectan entre el 80 a 90 % de los frutos del lote, preferentemente en no más de tres "pases" o "cortes", de acuerdo a la homogeneidad de la maduración interna de la fruta y la efectividad del tratamiento desverdizador.

c) Cosecha de frutos residuales. También llamada "de barrido", en la que puede cosecharse entre 5 y 15 % de los frutos, los cuales pudieron haber madurado hasta el final por ser más grandes, menos maduros fisiológicamente, con defectos inaceptables para exportación, etcétera.

8.4.2 Traslado de la fruta al empaque

Un principio básico que debe considerarse en todo proyecto de exportación de piña en fresco, es que las plantaciones que abastecen de fruta al empaque, queden lo más cerca posible de sus instalaciones y que cuenten con caminos adecuados, ya que así se reducen los costos de transporte y se disminuye significativamente el magullamiento de la fruta durante su traslado. Una vez separados de la planta madre, los frutos deben ser llevados en breve a las instalaciones del empaque, sin maltratarlos ni contaminarlos con sustancias u olores extraños durante el transcurso,

para una vez que estén en las instalaciones, acondicionarlos, empacarlos y enviarlos a los centros de consumo en EUA en el menor tiempo posible, antes de que pierdan sus cualidades organolépticas logradas en campo.

Es entre las etapas de cosecha, carga y estiba, traslado y descarga en el recibidor de la agroindustria de empaque, cuando los frutos reciben el mayor porcentaje de golpes, aplastamientos y escoriaciones, por lo que se deben seguir todas las medidas para evitarlos, vigilando constantemente. También, durante este proceso, los frutos sufren de un sobrecalentamiento y quemaduras (externas e internas) por su indebida y a veces prolongada exposición a los rayos directos del sol, especialmente los que no están protegidos con malla-sombra plástica, por tanto, antes de ser empacados, deberá disminuirse su mayor temperatura mediante agua fría y posterior refrigeración, lo cual implica mayores costos.

Para evitar dañarlos o contaminarlos, después de ser cosechados, los frutos no deben descargarse de manera brusca ni hacerlo directamente al suelo. Estos deben descargarse suave y cuidadosamente, de preferencia de manera directa del ponite, manta o reja en el que se cosecharon, al compartimento del vehículo que los llevará a las instalaciones de la agroindustria de empaque. De no hacerlo así, se deben descargar sobre una lona limpia, colocada sobre el piso y de preferencia acojinada, para ahí ponerlos con extremo cuidado y sin ensuciarlos de tierra u otros materiales extraños. El compartimento del vehículo, carretón, remolque o bin, debe estar completamente limpio, libre de cualquier contaminante y debidamente acolchado, sin partes ásperas o sobresalientes que les puedan causar escoriaciones o heridas a los frutos a transportar. Los bins o cajones individuales portátiles, ya sean de plástico, metálicos o de madera, con capacidad de 500 kg hasta 2 toneladas, pueden ser para algunas empresas la mejor opción, ya que facilitan el manejo de esos contenedores con montacargas y la descarga directa de la fruta en la tina de inmersión/limpieza del empaque, con todo y cajón, mediante garruchas.

Para que los frutos sean llevados de los campos de producción al empaque, sin daños, éstos deben ser estibados con el cuidado y orden posible en el contenedor o compartimento acojinado del transporte, debidamente acondicionado para transportarlos. La estiba se realiza manualmente colocando las piñas en posición horizontal, con una estiba de máximo ocho hileras de alto y en un

arreglo donde las frutas se entrecrucen, de tal manera que la corona de las frutas de la hilera inferior les brinde soporte a los frutos de la hilera superior. Este arreglo, como lo señala Demerutis (2006), permite un considerable y natural amortiguamiento y amarre entre los frutos, sin que los de abajo tengan que soportar o sufrir aplastamientos innecesarios.

En contraste, la estiba y el traslado de la fruta en posición vertical (con la corona hacia abajo), aunque brinda cierto grado de amortiguamiento al fruto, requiere de mayor espacio para transportar igual número de unidades que el anterior. Sin embargo, lo más grave es que finalmente resulta con dos serios inconvenientes: i) para las coronas, porque por el peso de sus propias frutas, más las que se les cargan encima, el centro de sus coronas se abre permanentemente y sus hojas se doblan, quiebran y rasgan fácilmente; ii) para los frutos, al no estar bien amarrados entre ellos, rozan sus paredes, creando heridas y áreas escoriadas. Todo esto representará un factor de potencial daño durante el resto del proceso de comercialización, con graves consecuencias como pudriciones, áreas envejecidas y deshidratadas, que aparecen en medio o al término de su proceso de comercialización internacional o, incluso, hasta en la mesa del cliente que finalmente adquirió una de estas piñas.

Para que los frutos lleguen al empaque con la menor temperatura externa e interna posible, y así resulte menos difícil y costoso lograr su enfriamiento a temperatura de traslado (7 a 10 °C) a los centros mayoristas de distribución en EUA, su cosecha debe realizarse procurando las temperaturas ambientales más bajas del día, las cuales ocurren antes del amanecer, ya que a partir de la salida del sol, éstas se incrementan progresivamente hasta alcanzar de 35 a 44 °C (a la sombra), entre las 13:00 y las 16:00 horas. Es durante la mañana, una vez que los frutos son totalmente visibles para los cosechadores y éstos pueden seleccionar correctamente los frutos –con base a su tamaño y madurez externa–, cuando debe iniciar el corte de fruta y continuarlo durante el transcurso de la mañana, hasta que se complete la meta.

De acuerdo a lo encontrado en investigaciones realizadas por Sancho (2000) citado por García (2004), se reporta que, con temperaturas mayores a 27 °C, las plantas (incluidas las coronas de los frutos) son susceptibles a daños por excesiva transpiración, y temperaturas superiores a los 30 °C pueden quemar la epidermis y

tejidos subyacentes, ocasionando quemaduras por golpe de sol, según lo menciona Ramírez (2007). Por ello, se debe procurar que los frutos se cosechen y trasladen cuando la temperatura ambiente (a la sombra) sea menor a 30 °C, evitando las temperaturas considerablemente altas. De acuerdo a registros climatológicos históricos de la región piñera del Bajo Papaloapan, las temperaturas promedio mensuales son: mínimas, de 18 °C en enero y de 23 °C en junio; máximas, de 27 °C en enero y de 37 °C en mayo, con extremas de 37 °C en enero y 44 °C en mayo, por lo que, en la práctica, resulta conveniente tener cuidado con este aspecto durante todo el año.

Generalmente, un fruto en campo en una plantación promedio de 40 mil plantas/ha, aún en la planta (en posición erecta), a punto de cosecha y sin protección adicional contra la radiación solar, tiene una temperatura interior de 4 °C a 6 °C superior a la temperatura ambiente; sin embargo, cuando estos mismos frutos están en posición horizontal (como normalmente se estiban para su traslado), sus partes medias y bajas (las más maduras del fruto) quedan totalmente expuestas a la radiación solar intensa, por lo que las temperaturas internas pueden alcanzar valores más allá de los 50 °C (10 ° a 15 °C más que la exterior), dependiendo de la temperatura ambiente, intensidad de la radiación, tiempo de exposición y grado de madurez interna del fruto (contenido de agua o grado de translucidez). Es un hecho que los frutos de un lote, a pesar de haber sido cosechados con una temperatura interna lo más fresca y uniforme posible, no todos lleguen a la agroindustria de empaque así de homogéneos, ya que muchos de ellos recibirán durante su estiba y traslado, un sobrecalentamiento diferenciado, donde algunos de los que recibieron más calor (por sobreexposición directa a la radiación del sol) pueden contrastar hasta en 10 °C con respecto a los que no fueron sobreexpuestos. Esto complica, desuniformiza y encarece el proceso de preenfriado al que se someten los frutos para alcanzar los 7 a 10 °C, temperatura requerida en una etapa más avanzada del proceso de empaque, para su envío a EUA.

Por esta razón, es importante evitar el sobrecalentamiento y daños por sol a los frutos estibados en los vehículos asignados para su transporte a la empacadora, el cual resulta por la falta de previsión y medidas de protección durante la cosecha. Entre ellas está el empleo de lonas o mejor aún, de malla-sombra con grados de 65 a 80 % de cubrimiento, las cuales son colocadas como un techado en la parte

superior del camión o contenedor para que resguarde a los frutos ya estibados de la radiación solar directa, mientras son cosechados, trasladados y entregados al recibidor del empaque. Cuidar que la lona cubra la parte frontal de la zona de carga para reducir la entrada de aire directo durante el traslado de la piña, para evitar daños por deshidratación causada por viento a más de 60 km/h. Puede utilizarse cualquier otro método que resulte práctico y efectivo, pero que no comprometa la inocuidad o limpieza de la fruta, como cuando se cubren con paja, zacate, hojas de palma o materiales similares, ya que estos materiales sueltan semillas o fragmentos de tejidos, frescos o secos, todos ellos inaceptables en fruta de exportación.

En la práctica, los frutos que se sobrecalientan no pueden ser separados del resto para darles un tratamiento de enfriamiento específico, acorde a su temperatura interior, por lo que normalmente se empacan mezclados con el resto, con las negativas consecuencias que pueden resultar en su traslado a los centros mayoristas de distribución en EUA o una vez que llegan a su destino e inicia su etapa de comercialización al menudeo, donde aparecen problemas por pudriciones en cáscara, pulpa y corona, en las partes en donde se produjeron –anteriormente– los daños por quemaduras, hayan sido o no visibles en ese momento del proceso.

8.4.3 Recepción, lavado y separación de fruta

Los frutos procedentes del campo deben recibirse y descargarse inmediatamente, para iniciar lo antes posible su proceso de empaque, enfriamiento y envío a los centros mayoristas de distribución en EUA o nacionales, según destino de la fruta. Los frutos que llegan a la agroindustria empacadora deben ser los que cumplan estrictamente con las características de peso, forma, calidad, inocuidad, madurez interna y externa, solicitadas.

Por ello, desde los campos de producción, todos los frutos que presenten imperfecciones o defectos deben ser excluidos y no ser llevados a la empacadora, ya que, aunque posteriormente sean segregados, su innecesario acarreo implica gastos adicionales por manipulación y traslado. Entre estos defectos están las siguientes: frutos abotellados, muy redondos, demasiado alargados, evidentemente chuecos o con deformaciones y cuarteaduras; con ojos “saltones”, “hundidos” o “deformados”; con corona múltiple, chueca o que rebase 1.5 veces el tamaño de la fruta; frutos tiernos, fisiológicamente inmaduros; los que presenten en su superficie

o interior cualquier tipo de organismo indeseable; que muestren evidencias de golpes, raspaduras o heridas, y aquellos que tengan un tamaño y/o grado de color de la cáscara no adecuado a lo requerido.

Debido a la dificultad para lograr una selección de frutos perfecta en campo, ya que los cortadores tienen que estar pendientes de varias cosas a la vez, entre ellas, seleccionar, cortar, cargar los frutos dentro de los piñales y llevarlos –sin dañarlos– al transporte que los va a trasladar a la agroindustria empacadora, es posible y frecuente que algunos frutos, que no reúnen todos los requisitos para ser exportados, lleguen hasta la etapa de recepción y lavado de la fruta en la empacadora. Por ello, durante el inicio, inter y, principalmente, al final de esta etapa (según el método de descarga utilizado), debe realizarse una minuciosa depuración de frutas fuera de norma, para no seguir invirtiendo tiempo y recursos en frutos que deben ser desechados para este fin.

La fruta a exportar debe cosecharse lo más fresca y limpia posible, evitando excesos de polvo, tierra o restos de materia orgánica propios de los productos agrícolas, dado que éstos, además de ensuciar el agua de las tinas de lavado y del sistema de enfriamiento, saturarán rápida y constantemente el sistema de filtros, instalado para retirar este tipo de materias extrañas. Cuando los frutos lleguen del campo demasiado sucios, es necesario que antes de ser sumergidos en la tina, se laven con agua clorinada a presión para limpiarlos en lo posible y eliminar el exceso de material indeseable. Antes de regresar a las plantaciones por más fruta, los vehículos y contenedores también deberán ser aseados y desinfectados con agua clorinada a presión, para continuar con el acarreo de fruta.

El traslado de la fruta del campo a la agroindustria empacadora, debe realizarse lo más pronto y cuidadosamente posible, para evitar que las piñas sufran aplastamientos o sobrecalentamientos innecesarios. Su descarga debe ser ágil, pero cuidadosa, evitando al máximo los golpes, raspaduras y daños a la corona. Hasta hace algunos años el denominado método de recepción “en seco” era el más utilizado para descargar manualmente, una por una, las frutas del vehículo en el que fueron traídas del campo. Estas eran colocadas sobre una banda transportadora tipo rodillos para llevarlas a la pila de lavado; sin embargo, este método implica un manejo adicional y un mayor tiempo de contacto físico (fricción) con la banda, lo que incrementa el riesgo de que los frutos reciban más golpes y la corona, más

lesiones. Lo más indicado es usar el método de recepción “en agua fría”, el cual consiste en descargar los frutos directamente en el tanque o tina de lavado, casi siempre con todo y contenedor (bin) en el que se trasladan, lo cual evita mayores daños. Una vez sumergidos los frutos en la tina de lavado, por flotación, se van descargando de la caja y distribuyendo a lo ancho del tanque.

Demerutis (2006) indica que para reducir progresivamente la temperatura interna de los frutos recién descargados y acercarla lo más posible al rango de entre 7 °C y 10°C para su adecuado y seguro traslado a EUA, el agua de la tina de lavado deberá estar lo más fría posible (8 °C), ya que con una hora de inmersión en ella, los frutos disminuyen la temperatura interna que traían de campo, a sólo 20 °C, el cual es un valor más adecuado para su posterior enfriado definitivo.

Para asegurar la función desinfectante, el agua clorinada que se utiliza en la tina de lavado debe tener una concentración de entre 50 y 75 ppm de cloro (mg/l de agua) y 150 ppm para el enjuague final, así como un pH de entre 6.5 y 7.5, para garantizar que el agua utilizada (seguramente, con microbios suspendidos) a temperaturas menores a la del fruto, se “infiltre” y lo infecte a medida que el fruto se va enfriando y la presión externa del líquido supera la resistencia hidrofóbica natural de la cera natural y/o la resistencia de las burbujas de aire en las aberturas naturales de la superficie de las piñas. A medida que el fruto se enfría, el aire dentro de los tejidos superficial se contrae, creando un vacío que permite al agua de su alrededor ingresar por las aberturas naturales o por el corte del pedúnculo. El mismo Demerutis (2006) sugiere que para incrementar la efectividad de este tratamiento de desinfección, se debe: i) aplicar surfactantes al agua clorinada para romper su tensión superficial y lograr que ésta penetre en todas las cavidades y cubra el total de la superficie de la cáscara y corona del fruto, y ii) utilizar pequeñas cantidades de algún ácido común para bajar el pH de la solución desinfectante, ya que el hipoclorito de sodio o el de calcio, lo incrementan cada vez que se agregan al tanque, por lo que es necesario adicionar productos a base de ácido peroxyacético, para mantener el pH en los valores adecuados.

Otra ventaja que tiene el método de descarga “en agua fría”, es que permite separar frutos altamente translúcidos (muy maduros internamente) de los que no lo están, gracias a su diferencia en densidad (gravedad específica). Bajo este principio, cuando los frutos son puestos en el agua, los menos translúcidos y por lo tanto los

menos pesados, flotan, ya que tienen un mayor nivel de porosidad y un menor contenido de agua; mientras que los internamente más translúcidos y, por lo tanto, más pesados o densos, siempre se van "a pique" al fondo de la tina de lavado, donde son recolectados en fosos construidos para tal fin. Demerutis (2006) resalta que, para que la totalidad de la fruta sea expuesta de manera completa, uniforme y por el tiempo requerido en el agua fría, se requiere del uso de un accesorio mecánicamente maniobrable, a manera de tapa abatible ubicada sobre la tina de lavado, construida con material plástico tipo enrejado, con múltiples perforaciones a manera de red, y de textura completamente lisa (sin filos, para no dañar los frutos) que permita forzar (por presión) a las piñas a una inmersión completa en el líquido, para disminuir su temperatura interna y proporcionarles un tratamiento de limpieza y sanitizante.

Los frutos que pasaron esta primera selección y continúan flotando en la tina de lavado son conducidos con la ayuda de chorros de agua, adecuadamente direccionados y graduados –a una presión que no los dañe– a la banda tipo rodillos que los sacará del agua y los llevará a la sección donde se les practicará una segunda selección. Al final de esta operación, los frutos decantados por su excesiva translucidez, son apartados para destinarlos a otras opciones de mercado adecuadas a su peso y grado de madurez. El uso correcto de los chorros de agua, tanto aéreos como subacuáticos con que cuenta la tina de lavado, calibrados a la presión conveniente, permiten por lo general un lavado total de la fruta y su debida conducción a la siguiente banda, para continuar con el proceso de empaque. Demerutis (2006) advierte que se debe tener mucho cuidado con la presión con la que la tubería lanza los chorros aéreos de agua a las frutas para empujarlas a la banda transportadora, ya que pueden ocasionar daños a las coronas o a las mismas frutas. También recomienda que el sistema de empuje con chorro de agua interno simule una corriente natural que arrastre suave, pero efectivamente, la fruta en la dirección requerida.

Para garantizar la limpieza de la solución clorinada y de las superficies de la tina o tanque de recepción y lavado, que entran en contacto con el agua, Demerutis (2006) sugiere la instalación y uso de un sistema de filtros para retener los restos de materia orgánica, suelo y demás partículas que se desprendieron de los frutos durante su lavado, además de un programa de limpieza y mantenimiento de

paredes y pisos para tener en buenas condiciones esta área. Adicional al sistema de filtros de sólidos indeseables, también sugiere incluir un sistema de monitoreo, control y documentación de este proceso, así como el uso de termómetros, pH-metros digitales y sensores de ORP (Potencial de Óxido-Reducción o REDOX), imprescindibles para garantizar la calidad del agua.

Para evitar que en el empaque ingresen materiales extraños (residuos de basura, semillas voladoras, paja o rastrojos, etc.) acarreados por el viento, o bien, insectos voladores, (en especial durante las tardes-noches, cuando estos organismos son más activos, atraídos por el sistema de iluminación artificial del lugar), estas áreas deben mantenerse aisladas del exterior, resguardadas con malla-plástica e iluminación periférica, tipo antiinsectos. Estas medidas, además de permitir la operación continua de la agroindustria empacadora durante los horarios diurnos y nocturnos, evita problemas comunes de insectos invasores indeseables, tanto en el agua (donde ya mojados pueden adherirse al fruto, en sus partes más recónditas), en el área de selección y empaque, así como en el proceso de paletizado y enfriamiento, donde una vez establecidos, estos organismos son difíciles de eliminar durante el resto del proceso. Es importante que se tome en cuenta que la presencia de insectos o material extraño (basura, semillas, paja, etc.) en las instalaciones puede provocar la contaminación de embarques (sea una o unas cuantas cajas), objeto de rechazo total, con base a reglamentos cuarentenarios internacionales.

8.4.4 Desinfección y encerado de los frutos

A partir de esta etapa sólo se deben manejar y tratar frutos que cumplan con los requisitos exigidos por el mercado internacional.

A los frutos seleccionados se les dan, al menos, dos tratamientos: i) fungicida o sanitizante, ya sea sintético, biológico u orgánico, siempre y cuando sea probadamente efectivo y con registro en piña, aplicado tanto al fruto, área del pedúnculo, así como a la corona, para prevenir el ataque de la enfermedad conocida como “Pudrición blanda” o “Ámpula acuosa” que invade y destruye las partes internas del fruto, causada por *Thielaviopsis paradoxa* o *Ceratocystis paradoxa* (De Seynes) Höhn, así como contra los hongos *Fusarium* spp. y *Penicillium* spp., que se desarrollan en la superficie del fruto y la corona, dándoles

un aspecto desagradable, y ii) capa protectora de cera, aplicada a la bola del fruto y área del pedúnculo (a la corona no, ya que la capa de cera la daña) para disminuir el proceso respiratorio y el daño interno causado por frío (oxidación), con lo que se logra prolongar su vida de anaquel y conservar su aspecto de frescura.

Para poder recibir estos tratamientos, los frutos deben haberse sometido a un primer tratamiento de secado con aire forzado, de tal manera que cuando se aplique tanto la solución que sólo contiene fungicida (sólo para el área de unión del fruto-pedúnculo y la corona), como la que contiene cera y fungicida (sólo para el fruto y área de unión del fruto y el pedúnculo) puedan ser adsorbidas por las superficies tratadas. Debe aplicarse en ese orden, porque si aplica primero la de cera y se sella el pedúnculo, la primera aplicación fungicida ya no funcionará.

El tratamiento fungicida completo, para prevenir el daño por enfermedades, se aplica en tres pasos, utilizando una solución de 2 g del fungicida Bayletón 25WP (Triadimefon 25 %)/L de agua u otro fungicida químico debidamente autorizado por SENASICA y EPA, con un ingrediente activo del tipo biológico u orgánico, o bien un sanitizante que sea efectivo contra estas especies de hongos fitopatógenos y además cuente con el registro correspondiente para su uso en piña en poscosecha tanto en México como en EUA (país importador), ya que la tendencia mundial es utilizar cada vez más productos menos tóxicos y amables con la salud humana y el entorno ecológico. Demerutis (2006) señala que debido a que este proceso puede dañar la salud del personal (más aún cuando se utilizan fungicidas químicos), es importante vigilar que los operarios tengan el equipo protector debidamente colocado de manera oportuna –en cara y manos–, o mejor aún, que esta operación se realice de forma automatizada. Los detalles de los pasos, señalados anteriormente, son:

Paso 1: Desinfección del área de unión del fruto y el pedúnculo, donde está la herida provocada en el fruto al separarlo de la planta madre, ya que por su potencial susceptibilidad a que desarrolle pudriciones, es en este punto o área donde la solución fungicida debe ser aplicada directamente (antes de aplicar cera al resto del fruto) con mucha precisión, ya sea manualmente mediante el uso de una brocha, una pistola o aspersor de mochila, o bien con un sistema automatizado que cuente con una pequeña manguera y una boquilla adecuada que la rocíe a suficiente presión.

Paso 2: Desinfección de la corona mediante la aplicación por aspersión de la solución fungicida, preferentemente en una cámara especial cerrada que impida que parte de la solución atomizada aplicada a alta presión, se propague a otras áreas fuera de ella y contamine al personal y materiales que se manejan convencionalmente en el empaque.

Paso 3: Capa protectora para la cáscara del fruto y el área de unión con el pedúnculo, la cual se forma con la aplicación en chorro o cascada de una solución dirigida a todo el fruto, excepto a su corona, producto de una mezcla de agua con ceras vegetales, reforzada con el fungicida Triadimefon 25WP (2g/l agua) o un sanitizante efectivo y con registro para piña en EUA y México. Sólo como ejemplo de ceras utilizadas, están: Tándem® 552 y Britex® 510, Sta Fresh® 7100 y 7051 o la Decco® Pineapple Lustr 444. Estas ceras se aplican preferentemente en pares (asegurándose que ambas sean compatibles), en las dosis adecuadas (sugeridas por los fabricantes), mezcladas con el fungicida y aplicadas de tal manera que cubra el total de la cáscara y herida del fruto, pero sin que se moje la corona, ya que éstas generalmente le provocan una reacción fitotóxica que altera y daña su fisiología. Por las características físicas de las ceras utilizadas y para que puedan derretirse adecuadamente, la aplicación de la mezcla protectora debe realizarse a una temperatura ambiente superior a los 18 °C, con el fin de que los ingredientes se adhieran lo mejor posible a la superficie del fruto a tratar.

Una alternativa manual para lograr la aplicación adecuada de la mezcla protectora, justificable sólo para empaques pequeños, es sujetar con mucho cuidado al fruto en posición vertical; sostenerlo por su corona y sumergirlo por unos segundos “hasta el cuello” en la mencionada solución, contenida en un depósito que tenga la profundidad suficiente para que sólo entre la bola, y así la corona no toque el líquido.

Sin embargo, la manera más práctica y rentable para empaques grandes es verter la mezcla protectora directamente y en suficiencia sobre la cáscara y la herida del “pezón” de las frutas, sin mojar la corona, mientras éstas van avanzando sobre la banda móvil que las transporta al siguiente paso del proceso de empaque, así se evita una mayor manipulación de las piñas y se agiliza la operación al máximo. Este sistema, que puede tener un mecanismo semiautomatizado o totalmente automatizado de recarga de la solución protectora, deberá irrigarla por gravedad,

en cascada y a baja presión, con el fin de que no se atomice y cause salpicaduras a la corona. Esto se puede lograr mediante el uso de un vertedor de la solución preparada que forme una cortina uniforme y de la justa anchura de la bola del fruto, o bien de uno o dos tubos de igual longitud y de 1.5 a 2 pulgadas de diámetro, colocados en paralelo, dotados de suficientes agujeros a manera de pequeñas salidas, del diámetro más adecuado y distribuidos equidistantemente, de tal forma que el producto caiga directamente sobre la parte objetivo del fruto, mojándola totalmente, protegiendo así la cáscara y punto del corte de futuros ataques de hongos y de una excesiva deshidratación.

Para lograr que con este método sólo se mojen las partes del fruto que interesan, y las coronas queden libres de la mezcla, las piñas deben ser previamente acomodadas –durante la última selección de fruto– sobre la banda transportadora, orientándolas de manera paralela y queden perfectamente alineadas, en una misma posición, para que así las coronas queden excluidas y sólo las bolas y pezones del fruto puedan recibir un baño uniforme con la solución protectora.

Para evitar el desperdicio innecesario, tanto de solución desinfectante (fungicida o sanitizante) como de mezcla protectora (ceras + fungicida o sanitizante), todos aquellos líquidos que no hayan quedado adheridos al fruto y escurran, deben colectarse –cada uno por separado– en depósitos específicos ubicados debajo de la banda transportadora, para inmediatamente ser reciclados y enviados (mediante pequeñas bombas) al tanque principal, cuidando que sus ingredientes activos se mantengan en las concentraciones correctas que indican los fabricantes.

Demerutis (2006) señala que para que los frutos puedan pasar a la siguiente sección –clasificación y empaque por calibre y madurez–, todos deberán haber recibido un segundo tratamiento de secado con aire forzado, de tal manera que los excesos de los líquidos protectores aplicados que estén aún presentes en el fruto y la corona, escurran al máximo y así se pierda la mayor cantidad de humedad, para que en la superficie de la fruta sólo quede adherida la capa protectora de fungicida y cera, a la concentración correcta. Cuando este sobrante de líquidos –acumulados en la superficie y cavidades externas de la cáscara y coronas de las piñas– no se logra retirar, escurre y ocasiona humedad excesiva dentro de la caja de empaque, provocando daños al cartón, condiciones favorables para el desarrollo de

patógenos en las etapas siguientes del proceso de distribución y comercialización de la fruta, además de mal aspecto del producto.

8.4.5 Selección, empaque y etiquetado de los frutos

Debido a la importancia que tiene el aspecto fitosanitario/cuarentenario en todas las actividades del proceso de empaque, debe ser un requisito que, al menos a partir de esta etapa, las instalaciones de las diferentes áreas cuenten con un sistema antiinsectos reforzado y mantenerse preferentemente climatizadas. Una temperatura ambiente de 20 °C en el interior, permite: i) que los frutos previamente enfriados en la tina de lavado, se mantengan igual de frescos y no recuperen parte del calor perdido; ii) que el rendimiento y eficacia del trabajo que realiza el personal que ahí labora, se incremente y con ello la calidad de presentación final del producto comercial, y iii) que se reduzca al máximo la presencia de organismos y materiales extraños, como pueden ser insectos voladores (y otros invasores, de diferentes familias de artrópodos), comunes en las diferentes regiones piñeras, que pueden contaminar los frutos, cajas, *pallets* e incluso contenedores completos, principalmente durante las horas en que se requiere iluminación artificial, para que el personal realice sus funciones.

El adecuado empaque de los frutos de piña en cajas de cartón especiales y el posterior embalado de ellas, son requisitos fundamentales en la cadena de exportación en fresco, para que estos reciban –en etapas posteriores- un correcto tratamiento de preenfriado, como lo exige la cadena de frío, así como su continuidad sin interrupción y con ello, se logre prolongar su vida de anaquel durante el tiempo suficiente para su venta al consumidor final (Martner, 2006).

En esta etapa intermedia del proceso de empaque, las frutas ya desinfectadas y enceradas se seleccionan por última vez con base a su tamaño y color externo, y se colocan en cajas de cartón o plástico con capacidad de 25 a 40 o más libras (según lo que requiera el cliente), las cuales por su diseño, además de ofrecer la resistencia necesaria para su estibado y debida protección hasta que lleguen al mercado final de consumo, deben también permitir la ventilación del fruto en todo momento, para lograr un eficiente proceso de preenfriado y transportación refrigerada (Demerutis, 2006). La caja más utilizada en México para enviar piñas a EUA es la de cartón, con capacidad de 25 libras (11.5 kg).

Las piñas ya tratadas y libres de excesos de las mezclas líquidas protectoras, entran al área de selección y empaque por medio de una banda transportadora (tipo rodillos), de donde son directamente seleccionadas y colocadas en la caja que le corresponde según su calibre (peso) y grado de madurez externo. La selección puede ser manual o automatizada. Cuando es manual, un mismo clasificador (generalmente es personal femenino), puede encargarse de seleccionar y empacar fruta de hasta cuatro o cinco categorías distintas al mismo tiempo, con un aceptable grado de confianza. En empaques de considerable capacidad instalada, el uso de clasificadores automáticos es cada vez más frecuente y facilita la operación, ya que separa los frutos, según los calibres, en una sola línea, y la persona que los empaca solamente tiene que separarlos y colocarlos en las cajas de acuerdo a su grado de madurez externa, mientras que los equipos más sofisticados, además de separar los frutos por calibres (pesos), lo hacen por grados de madurez externa, aumentando aún más la eficiencia del proceso de empaque. Cuando algún fruto queda mal clasificado por estos equipos, el personal que empaca lo identifica, separa y envía a donde le corresponde.

Cuando la agroindustria empacadora es pequeña y no cuenta con suficiente personal para clasificar y empacar las frutas tomándolas directamente de las bandas, la fruta se coloca de manera provisional en mesas debidamente acojinadas, situadas con un desnivel de alrededor de 30 % y a una altura que facilite las maniobras a la persona que empaca, para irlas acomodándolas en las cajas que les corresponda.

Sin excepción e independientemente del tipo y capacidad de la caja que se utilice para empacar la fruta, todas las piñas contenidas en cada caja deberán ser del mismo tamaño (calibre) y grado de madurez (color), tanto externa como interna. De acuerdo a lo solicitado por la mayoría de los clientes de EUA, las piñas de exportación se empacan en cajas de cartón (60x40x13.4 cm) con capacidad de 25 libras, de alta calidad y con probada resistencia al transporte, las cuales son las más utilizadas (más del 90 % de los pedidos), también llamadas charolas o bandejas, que por no ser cajas completamente cerradas (abiertas totalmente en su parte superior) tienen mejor ventilación y permiten acomodar la fruta en un solo tendido, en posición horizontal para distribuir su peso de manera uniforme, alternando la dirección de cada piña para que sus coronas y bolas se “amarren” entre ellas y así

se protejan y luzcan, lo que sirve para exhibir de manera más directa y atractiva las frutas a los potenciales clientes finales. Este tipo de caja puede contener de cuatro a diez frutos (equivalentes a los calibres 4 al 10), todos con alto grado de uniformidad en sus características, libres de daños, defectos físicos y materiales extraños o indeseables. El peso bruto de una de estas cajas llena oscila entre 11.5 y 12.5 kg (Demerutis, 2006) y deberá ser verificado antes de ser estibadas en *pallets* con 70 o máximo, 75 cajas cada uno, para su posterior traslado al túnel de preenfriado, cámara fría y luego a los centros de comercialización.

Por tener un solo tendido de fruta, las cajas de 25 libras evitan la presión que las piñas –de un segundo tendido– tienen sobre las piñas del tendido inferior, causa de magullamiento que se presenta de manera recurrente cuando se empacan piñas en cajas de 40 libras (Martner, 2006).

De acuerdo a datos de tres de las más importantes agroindustrias empacadoras de la región del Bajo Papaloapan, los calibres de fruta de piña más demandados por Estados Unidos, empacadas en cajas de 25 libras (11.3 a 11.5 kg), son: calibre 7 (45 %), calibre 6 (30 %), 8 (15 %) y 5 (10 %), en tanto que prácticamente no reportaron demanda de los calibres más extremos (4, 9 y 10), que regularmente tienen los precios más bajos por caja, en EUA. Mientras que el mercado europeo (prácticamente desatendido y de poco interés para los productores piñeros mexicanos), por lo general requiere frutos de los calibres 7, 8 y 9, que son los que tienen los pesos promedio más bajos (entre 1.3 y 1.5 kg).

Cuando se utilizan cajas de 18.2 kg (40 libras), poco demandadas (sólo en el 5 % de los pedidos), se hacen dos tendidos, de tal manera que si el calibre es 10 (10 frutos de 1.8 kg/caja), se colocan cinco frutas en el piso inferior y cinco en la parte superior, procurando que cada bola del fruto coincida con la corona de las piñas del tendido de abajo, para que no se maltrate de más y se afiancen entre ellas.

Una vez que una caja se ha llenado adecuadamente, se procede a marcar en el área especial –impresa y localizada en el exterior lateral de la caja– el calibre de fruta y el grado de madurez externa correspondientes. El grado de madurez interna (translucidez) es el acordado con el cliente, por lo que se obvia en el marcaje de las cajas y del *pallet*.

Paso seguido, antes de la estiba, se procede al etiquetado de cada una de las piñas, colocando la etiqueta con una pistola especial, en alguna de las hojas de la

corona que dan al frente, orientando la cara de la etiqueta de tal manera que el posible comprador la pueda apreciar e identifique rápidamente en ella la marca y los datos que más quiera promover la empresa exportadora.

Para su manejo y envío a los centros de comercialización mayoristas, las cajas se estiban en *pallets* de 70 cajas (25 libras c/u), equivalentes a 800 kg de fruta/*pallet*. Todas las cajas de un *pallet* deben ser del mismo calibre y grado de maduración externa, característica de homogeneidad obligada. Cada uno está conformado por 14 estibas (5 cajas/estiba), las cuales se acomodan perfectamente sobre una tarima de tamaño y características reglamentarias (120x100x15 cm). Las cinco cajas de cada capa o estiba deben colocarse sobre la tarima en un arreglo de 2x3, que significa poner en la parte más ancha de la tarima (120 cm) una hilera de dos cajas en posición frontal y completar con otras tres cajas en posición lateral, para aprovechar el resto del espacio de la tarima, en su flanco de menor anchura (100 cm); y así se continua, colocando sucesivamente las cajas en ese mismo arreglo tipo "columna", hasta completar las 14 estibas del *pallet*. Su altura final (cajas + tarima) debe ser de 2.4 m como máximo reglamentario.

Los *pallets* y sus cajas, en arreglo en columnas, se aseguran mediante esquineros de cartón (para darle estructura a la columna y evitar contacto directo de los flejes con las cajas) y flejes o cintas adecuados y aprobados por el *broker*, ya sean metálicos (aceradas) o plásticos (polipropileno, PVC, etc.), los que pueden ser de seis a ocho, colocados alrededor del *pallet*, distribuidos a lo largo de la columna. Este aseguramiento de la carga aumenta su estabilidad, pero los cinchos se deben colocar procurando que el sistema de ventilación que tienen las cajas no se obstruya y funcione adecuadamente.

De acuerdo a múltiples pruebas, la forma más efectiva de estibar las cajas en un *pallet* para que éstas queden más firmes y menos expuestas a derrumbes, inclinamientos o separación indeseable de las cajas, ante movimientos bruscos durante su manejo y traslado a los centros de entrega a los clientes, es el arreglo de las cajas "en entramado", no en columnas, como es lo más usual. En el arreglo en entramado, cada capa o estiba se pone en sentido contrario (3x2 y luego 2x3) de manera alterna, por lo que todas las cajas y estibas quedan entrelazadas, dándole mayor solidez y estabilidad al conjunto ordenado del *pallet*, pudiendo aplicarse, incluso, sólo en las dos últimas capas o estibas. Sin embargo, en el caso de las

piñas, este arreglo compromete y pone en riesgo la eficiencia del sistema de ventilación, ya que muchas de las ventilas o respiraderos quedan obstruidos parcial o totalmente, impidiendo el 100 % de circulación potencial del aire frío y dejando áreas con diferenciales térmicos considerables (Demerutis, 2017, comunicación personal) por lo que no es recomendable utilizarlo mientras no se garantice lo anterior.

De acuerdo a Demerutis (2006), las tarimas deben cumplir todos los requisitos de sanidad, por lo que antes de usarlas deben haber recibido un tratamiento adecuado. También es fundamental que el diseño de la tarima sea acorde a las aberturas que tienen las cajas para la correcta ventilación de los frutos (circulación del aire, tanto vertical como horizontal, para su enfriamiento), ya que es frecuente que estas perforaciones (respiraderos) no coincidan y las tablas de la tarima las tapen total o parcialmente, restando eficiencia al proceso de enfriado y cadena de frío.

Se debe tener en cuenta que los *brokers* son los grandes mayoristas que adquieren el 90 %, o más, de las piñas mexicanas, para comercializarlas en el interior de EUA. Por ello, el utilizar al *pallet* como unidad para comercializar la fruta al mayoreo y medio mayoreo, permite, sin duda, un mejor acuerdo entre las partes (vendedor-comprador) y, en consecuencia, una mejor organización y programación en la comercialización de las frutas a mercados intermedios y minoristas. Ya clasificados los *pallets* por calibre y madurez externa (C/ME), resulta mucho más fácil tanto a la empresa como a los *brokers,* definir las características de los pedidos y los envíos entre ellos. Por ejemplo, el *broker* podría decir “necesito me envíes mañana del Papaloapan un contenedor refrigerado de piña MD2, con diez *pallets* 6/2 y otros 12 *pallets* 6/3”; el proveedor, podría responder “solo tengo disponibles ocho *pallets* 6/3, el resto son 20 *pallets* 5/2 y 15 de 5/3, ya que las frutas que se están cosechando están un poco más grandes”. El *broker* podría concluir “OK, entonces mándame los ocho *pallets* 6/3 y complétame la carga con otros 14 *pallets* 5/2.

Cuando se trata de comercialización al menudeo, la caja es la que se toma como referencia para su exhibición y venta al consumidor final.

8.4.6 Refrigeración de la fruta y manejo de la cadena de frío durante su traslado a centros de venta al mayoreo en EUA

Una vez cumplido con los pasos sugeridos por Demerutis (2016), las piñas ya empacadas y estibadas en *pallets*, con temperaturas de 20 a 25°C, deben recibir un tratamiento de preenfriado (90 % de humedad relativa constante y por cuatro horas o más, de ser necesario) en un túnel de aire forzado para bajar su temperatura lo más cercano a 10 °C, para finalmente ser colocadas en cámaras frías que logren estabilizar la temperatura y la humedad relativa de las frutas, a 8 °C y 85 %, respectivamente.

El mismo autor resalta que es importante que el aire frío sea forzado a pasar a través de las rendijas y espacios vacíos de las cajas, por lo que debe cuidarse que el aire de retorno al evaporador no regrese por otros espacios abiertos de la cámara y, además, recomienda realizar periódicamente las pruebas a 7/8 de tratamiento de preenfriamiento para mantener en óptimas condiciones el proceso.

En el posterior traslado de la fruta en contenedores refrigerados, a los centros de comercialización al mayoreo en EUA o en el interior de México, no debe romperse la cadena de frío hasta que los *pallets* sean entregados a los minoristas, o bien que las cajas, de manera individual, sean llevadas y colocadas en los exhibidores de las tiendas, para su venta directa al consumidor final.

De no cumplir con las indicaciones que Demerutis (2016) hace, en lo correspondiente al manejo de la humedad relativa, temperatura y tiempos de exposición de la fruta durante estos procesos de enfriamiento, tanto la corona como la cáscara de las frutas pueden sufrir de deshidratación, envejecimiento prematuro, condensación de agua, quemaduras y pudriciones, además de daños directos a las cajas que los contienen, lo que afecta la calidad, aspecto y presentación de todo el paquete-producto. Como es lógico, frutas con deficiencias de calcio en sus paredes celulares, raspaduras, heridas y deficientes tratamientos fitosanitarios (en fruto y refuerzo en la herida del pedúnculo) tendrán más problemas que las que fueron adecuadamente manejadas desde campo, hasta empaque y enfriado.

Los *pallets* deberán ser estibados en el contenedor de la manera correcta: asegurándose primero, que la parte de carga trasera del contenedor esté perfectamente conectada a la cámara fría y que no haya fugas de aire frío al exterior; luego, trasladando los *pallets* a su interior, cuidadosamente, con el equipo

adecuado (uso de montacargas eléctricos solamente) y en el menor tiempo posible, dejando las distancias de seguridad entre ellos para que el aire circule de manera libre, tanto vertical como horizontalmente, en todas las cajas que transporta el contenedor, y no existan áreas con diferenciales térmicos significativos entre ellas. Cualquier falla o deficiencia en la cadena de frío, será motivo de análisis para determinar sus causas y corregirlas en tiempo y forma. El uso de higrotermógrafos convencionales o digitales, inviolables, para registrar esos valores durante todo el trayecto empaque-centro de distribución mayorista en EUA (o nacional), es un recurso que se debe considerar como obligatorio, al menos, en los contenedores refrigerados que trasladan la fruta a su destino comercial.

A diferencia de la fruta que entra a EUA de otros países, donde debe esperar hasta cuatro o cinco días para poder transportarse en barcos que la conducirá a puertos norteamericanos en un trayecto que les lleva al menos otros cinco días, de donde finalmente serán enviados a los centros de distribución mayoristas (otros tres a cinco días), la piña mexicana de exportación apenas requiere estar almacenada en los "cuartos fríos", ya que normalmente las empresas exportadoras sólo necesitan guardar el equivalente a dos y tres embarques, por uno o tres días máximo, lo que indudablemente es una diferencia a favor, pero principalmente, para los consumidores intermedios y finales.

8.4.7 Medios y rutas de envío de la piña en fresco a EUA

Cada contenedor utilizado para enviar piñas MD2 en fresco a EUA, transporta –de manera reglamentaria– 22 *pallets* (800 kg c/u); cada *pallet*, con 70 cajas (11.5 kg, o hasta 12.5 kg c/u); lo que representan 1,610 cajas/contenedor; es decir, una carga neta de alrededor de 18 t/contenedor. Este límite de 22 *pallets* es para contenedores transportados vía marítima, ya que en la práctica, en México, hay contenedores que transportan 24, 26 y hasta 28 *pallets*. Lo ideal es que la norma oficial que esté vigente en su momento se respete, y no por ahorrar costos de envío, se arriesgue la calidad de la fruta y la seguridad de la carga.

El autotransporte de carga, es el principal y prácticamente único modo de transporte para exportar la piña mexicana hacia Estados Unidos (Martner, 2006).

El ferrocarril no es considerado como una opción de transporte de piña fresca hacia Estados Unidos o Canadá, pues en México no hay infraestructura ni experiencia para el manejo de la cadena frío (Martner et al., 2005).

En el caso del transporte marítimo, la ausencia de rutas regulares directas para llegar al mercado europeo conlleva a una travesía marítima de 23 a 25 días, por lo tanto, la vida en anaquel de la fruta al llegar a su destino es menor. Además, muchos de los embarques pierden la cadena de frío en alguna parte del trayecto y los frutos llegan en estado de descomposición (Martner et al., 2005).

Si bien la piña mexicana tiene potencial en el mercado europeo, para la logística de transporte marítimo y multimodal es necesario considerar los dos parámetros más sensibles de la exportación de piña fresca: i) La conservación de la cadena de frío, y ii) el tiempo de vida de anaquel de la piña (Martner et al., 2005).

Es el mantenimiento de la cadena de frío el primer requisito a considerarse para definir la mejor alternativa de transporte, porque de ésta depende el tiempo de vida de anaquel de la piña, característica fundamental para lograr éxito en el mercado de exportación en fresco, donde un mayor tiempo para comercializar la fruta es prácticamente obligado, además de la insalvable calidad, inocuidad y palatabilidad de las piñas.

Por ello, la exportación de piña fresca se realiza principalmente por el corredor de la fruta y la verdura mexicana del Golfo de México, que desemboca en el Estado de Texas, en la zona de McAllen.

Martner (2006) señala que, el corredor de la piña y los perecederos mexicanos, de la costa del Golfo de México tiene una longitud de 1,200 kilómetros, y está formado, principalmente, por tramos de dos carriles cercanos a la costa del Golfo de México, que comunican la zona piñera del Bajo Papaloapan y el valle de McAllen, cruzando los estados de Veracruz y Tamaulipas. Afirma que, por este corredor se exportan alrededor de 500 millones de dólares anuales de frutas y verduras mexicanas destinadas al mercado estadounidense, donde la piña es sólo, una de ellas, e identifica dos "nodos clave": El primero es la aduana de Reynosa, ubicada en el noreste de Tamaulipas, por ser el principal cruce fronterizo por donde ingresan a Estados Unidos los embarques de estos productos mexicanos de exportación; el otro es el clúster de distribuidores mayoristas o *brokers* ubicado del otro lado –muy cercano a la frontera–, en Edinburg, Mission o Hidalgo, Texas, dedicado al manejo

e introducción de perecederos mexicanos al mercado minorista, en las ciudades del centro-este y del este de Estados Unidos. De ahí, los *brokers* reenvían contenedores de piña a otros centros, dentro de territorio norteamericano o bien, organizan contenedores y los distribuyen como retailes, con cargas combinadas y complementarias de productos perecederos, que envían exprofeso a solicitud de las grandes cadenas de autoservicio (Wall Mart, Kroger, etc.) de ese país, donde se realiza la venta final del producto.

El vehículo predominante para el transporte de piña y demás productos perecederos mexicanos, por el corredor de la costa del Golfo de México, es el camión tipo tráiler con caja refrigerada de 48 pies, además de los llamados “fulles” (doble caja), una variante utilizada con menor intensidad, constituida por la formación de dos contenedores refrigerados de 40 pies, en sus respectivas plataformas, arrastrados por un camión tipo tráiler. El primero carga alrededor de 1,680 cajas de 25 libras o 1,000 de 40 libras, mientras que la segunda configuración de autotransporte carga un 40 % más en un solo viaje, es decir, 2,800 cajas de 25 libras o 1,400 cajas de 40 libras; sin embargo, cuando esta opción de “doble caja” es contratada (generalmente a una empresa de autotransporte, de tamaño mediano), el vehículo debe utilizar –de manera obligada por las leyes federales– los tramos del corredor que correspondan a autopista de cuota (Martner, 2006).

De acuerdo a su estudio, Martner (2006) asegura que el tramo completo entre origen (región piñera del Bajo Papaloapan, México) y destino (zona de McAllen, Texas, EUA), incluyendo el cruce de frontera, se realiza generalmente en menos de 48 horas, y en menos de 36 horas cuando el envío es urgente.

Una vez en la frontera, el trámite de aduana en Estados Unidos difícilmente rebasa las cuatro horas, porque normalmente los vehículos se revisan con rayos gamma cuando son seleccionados para inspección. Muy pocos embarques son disgregados para una revisión física de las cajas y *pallets*. Cuando eso sucede, el tiempo en la aduana estadounidense puede alargarse hasta ocho o diez horas. Por cada embarque se gastan alrededor de 120 dólares, incluyendo los honorarios del agente aduanal, el pago del chofer y del peaje del puente para cruzar a Texas, por lo cual, este punto no es visualizado como un nodo conflictivo por los exportadores mexicanos (Martner, 2006).

La logística del transporte y los procesos de frontera para la exportación de piña mexicana se ven favorecidos por la estratégica ubicación que tienen las bodegas de los *brokers* en el lado estadounidense. De acuerdo a las leyes norteaméricanas, en aquellas bodegas (punto de entrega-descarga de la fruta), ubicadas dentro de las primeras 20 millas de la línea fronteriza (que son la mayoría) es permitido que el tráiler ingrese completo (tractor y caja refrigerada) y pueda arrivar a la bodega directamente, ya sea a Edinburg, Mission o Hidalgo; sólo es necesario contratatar un chofer con licencia estadounidense para manejar en la franja fronteriza de 20 millas, y regresar el camión a Reynosa.

Lo anterior evita la contratación de un transfer (chofer con licencia y tractor estadounidense) para cruzar el puente fronterizo y completar el recorrido hasta las bodegas, situación obligada en las bodegas ubicadas más allá de las 20 millas tierra adentro de territorio de EUA. Esto resulta clave para facilitar la logística del transporte de exportación de piñas, al evitar este conflicto que tiene paralizada la liberación de autotransporte para operar sin restricciones y reducir demoras y costos adicionales, por las maniobras y actividades que implicaría contratar el servicio de los transfers (Martner, 2006). Sólo como referencia, el costo de contratar únicamente el servicio de un chofer con licencia estadounidense es de 30 USD, contra 100 a 120 USD del servicio completo de transfers.

El costo de flete con transportistas independientes–desde el sitio de origen (región piñera del Papaloapan), al sitio de destino (zona de McAllen, Texas, EUA)– de un camión tipo tráiler con caja refrigerada de 48 pies, es de 1,240 USD, en promedio, por embarque. En general el servicio ofrecido por este tipo de transportistas es adecuado, incluso más barato que el ofrecido por las grandes empresas de autotransporte, por lo que los prefieren. Además, los usuario de este transporte consideran que no obstante los vehículos utilizados son viejos, están bien cuidados, y reconocen que el trato es más directo y personal comparado con el que reciben de las empresas de autotransporte de mayor tamaño, las cuales dan prioridad a sus grandes usuarios (Martner, 2006). A precios de 2017, este costo del flete origen-destino puede ser de entre US$1,500 y US$2,000.

En el período en que realizó el estudio, cuando todavía se exportaban otras variedades de piña que no fueran solo MD2, Martner (2006) identificó que los costos del flete de autotransporte de un embarque de piña (18 t o 1,680 cajas de 25 libras),

representó los siguientes porcentajes del valor de la carga, puesto en Texas en el "punto de entrega": 28 %, en Cayena Lisa; 14 %, en Champaka, y sólo 7 % del híbrido MD2, por lo que es obvio que el valor comercial de los genotipos es determinante.

8.4.8 Consideraciones en torno al mercado de exportación de las piñas mexicanas

Históricamente, el mercado de exportación de la piña mexicana en fresco, se ha canalizado en su totalidad a los Estados Unidos, por su cercanía geográfica, aprovechando la demanda que esta fruta tiene en las regiones centro-sur, centro y sureste de EUA, territorio que comercialmente depende de la piña mexicana, ya que la región de la costa del Pacífico y gran parte de la del centro y norte de la costa del Atlántico, se abastece, en su mayoría, de piña de otros orígenes, atendidos por países exportadores que lo aprovechan.

La costa oeste, o del Pacífico, de EUA, consume de manera preferencial piñas de Hawái (por fuerte promoción y nacionalismo norteamericano), y se complementa con fruta de países exportadores de Centro y Sudamérica (Costa Rica, Guatemala, Honduras, Panamá, Colombia y Ecuador), los cuales envían su fruta vía marítima, por disponer de rutas preestablecidas por empresas norteamericanas que aprovechan; en tanto, las regiones Centro-Norte, Este y Noreste (parte centro y norte de la costa del Atlántico), normalmente se surten de fruta procedente de Centro y Sudamérica, que también envía su fruta vía marítima a regiones ubicadas, incluso, más al norte y este de EUA, donde la competencia con las frutas hawaianas y mexicanas es menor. Por ello, los esfuerzos deben ser canalizados a mejorar la imagen y posicionamiento de la piña mexicana en esa fracción territorial del mercado norteamericano, que actualmente se atiende (centro y sureste de EUA), la cual tiene una demanda potencial aún no explotada, que puede crecer tanto como los proveedores mexicanos sean capaces de atender, siempre y cuando se mejoren de manera cuantitativa y cualitativa los estándares comerciales de las piñas frescas que a la fecha se ofrecen.

Desde el año en que realizó su estudio, Martner (2006) identificó que la incorporación de conocimiento ha sido fundamental en la nueva dinámica productiva de la región piñera del Bajo Papaloapan, al menos desde la primera década de este siglo XXI. Este autor menciona que el conocimiento es principalmente resultado de las agencias gubernamentales de investigación y

desarrollo. El ejemplo más palpable se ha manifestado en el considerable incremento del rendimiento de los cultivos. Los agricultores que se han apoyado en las técnicas desarrolladas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), organismo vinculado a la Secretaría de Agricultura de México (SAGARPA), están cultivando entre 35 mil y 40 mil plantas por hectárea, con rendimientos de entre 70 y 80 t/ha.

El INIFAP también ha coadyuvado al conocimiento e incorporación de otras variedades más recientes y con mejor perspectiva comercial, tales como la piña Champaka y la piña MD2. En esta perspectiva, la región muestra potencial para constituirse en un territorio innovador. Es decir, hay innovación tecnológica, principalmente en el proceso productivo; hay un saber hacer inicial y un proceso de integración y difusión de conocimientos, y dinámicas de interacción a nivel empresarial y socio-institucional.

Este conocimiento, mencionado por Martner (2006), seguramente ya se ha incrementado con creces a 2018 y, sin duda, se incrementará en los próximos años, gracias a los trabajos del INIFAP e instituciones asociadas, sin faltar la participación de los involucrados en la cadena de valor. Sin embargo, las metas a plantearse para el corto y mediano plazo, deben canalizarse a mejorar las características y cualidades de la piña que actualmente se exporta a EUA, con lo cual, de lograrse, se ampliaría el mercado actual.

Las piñas mexicanas con una madurez natural adecuada, mejor sabor, forma y consistencia, fortalecidas y complementadas con mayor número de certificaciones sobre aspectos de inocuidad, calidad, medio ambiente y responsabilidad social empresarial, por ejemplo, deberán tener mayor preferencia y demanda entre los consumidores norteamericanos cada vez más exigentes en sus gustos, y conciencia sobre las externalidades negativas de la producción de la fruta.

El mejoramiento de los frutos de piña mexicana para su exportación a esa región de EUA, en sus aspectos cuantitativos (forma, aroma, calidad interna y externa, inocuidad y vida de anaquel) es totalmente factible, desarrollando la tecnología necesaria y haciendo los ajustes correspondientes a los sistemas de manejo de plantaciones, que actualmente se practican; no obstante, es innegable que se tenga un límite agronómico, sobre todo cuando las condiciones agroclimáticas y edáficas que prevalecen en las principales regiones piñeras, no

son las ideales, como es el caso de la región del Bajo Papaloapan. Es importante que, como productores y técnicos responsables, se reconozcan los límites productivos, de calidad comercial y de rentabilidad, ya que esto proporciona la visión y fortaleza de saber qué hacer exactamente ante una posibilidad dada, sin crear falsas expectativas, o aceptando compromisos que nunca se podrán cumplir.

La opción de tratar de atender mercados más lejanos (Europa, Medio Oriente, Asia, etc.) en busca de mejores precios y mayores ventas para nuestra piña en fresco, obligaría a cumplir con los estrictos requerimientos en grados brix y translucidez necesarios y obligatorios para frutas que requieren largos tiempos de traslado, los cuales son difíciles de cumplir en su totalidad, por lo que ésta no es una elección viable.

Bajo esta premisa, lo primero que se debe hacer como Sistema-Producto Piña de México, es tratar de atender y satisfacer lo mejor posible a compradores mayoristas y consumidores finales, tanto nacionales como de EUA, enviándoles la fruta con las características que cada vez más satisfaga sus demandas y gustos.

Para ello, se requiere lograr un mayor reconocimiento de las piñas mexicanas entre los consumidores actuales y potenciales, sobre todo en EUA, donde las piñas mexicanas en fresco compiten fuertemente con piñas de Costa Rica, Honduras, Ecuador, Colombia, Guatemala, Panamá, República Dominicana y otros, donde las grandes transnacionales norteamericanas (Dole, Del Monte, Chiquita y demás), son las que financian y comercializan la fruta.

En el INIFAP se tiene claro que –para el mejoramiento del potencial productivo- deberá privilegiarse la producción de piña bajo sistemas de manejo que sean sostenibles y con el menor impacto ambiental (como el de ambiente protegido), mejorando la calidad física, química y biológica del suelo, utilizando cada vez menor cantidad de insumos sintéticos de alta toxicidad y recurriendo con mayor frecuencia a los insumos de banda verde, orgánicos y biológicos.

Ante el inminente cambio climático y sus posibles efectos negativos sobre la producción de alimentos, en este caso piña, se requiere optimizar el uso del riego y mejorar la protección que debemos dar a plantas, vástagos y frutos contra la cada vez más intensa radiación solar (ultravioleta tipo-B), que provoca quemaduras y alteraciones fisiológicas a los cultivos.

En el INIFAP se tienen investigaciones que integran varias tecnologías de manejo que se espera, resulten en alternativas que incluyan una mejora sustantiva

de la fertilidad natural del suelo, la utilización racional del recurso agua, la protección física del cultivo durante las etapas críticas de su ciclo, el uso de insumos preferentemente de origen biológico/orgánico, con lo cual se podrá dar mayor valor ecológico a las piñas.

Este objetivo sólo podrá alcanzarse si los eslabones de la Cadena-Piña trabajan en coordinación, y las instituciones y dependencias de gobierno apoyan con programas para el financiamiento y realización de actividades de investigación, validación, difusión y adopción de las tecnologías generadas, y con el apoyo de programas que ofrece la SAGARPA, como: Fomento a la Agricultura; Productividad y Competitividad Agroalimentaria; Apoyo a Pequeños Productores; Sanidad e Inocuidad Alimentaria; Apoyos a la Comercialización; y de Concurrencia con Entidades Federativas.

En lo referente al mejoramiento de los aspectos cualitativos del fruto, algunas de las certificaciones nacionales e internacionales que más pueden ayudar a valorar la imagen de la piña mexicana, son:

- Generales: México Calidad Suprema.
- Inocuidad: Sistemas de Gestión de la Inocuidad (ISO 22000); Sistemas de Inocuidad reconocidos por GFSI; Programas Pre-requisito (BPA, BPM, BRC, HACCP, etcétera).
- Calidad y medio ambiente: Sistemas de Gestión de Calidad y Ambiental (ISO 9001 -14001); Productos Amigables con el Medio Ambiente (sello ambiental); Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL); Cambio Climático.
- Responsabilidad social empresarial: Comercio Justo (Fair-Trade); Módulo GRASP Producción primaria; Etiquetado Ético •SA 8000.

9. Retos y oportunidades para la producción de piña en México

El repunte de la actividad piñera en el Bajo Papaloapan está basado en la rápida adopción de un nuevo modelo productivo, la cual se da simultáneamente con la conformación de todo un nuevo clúster que integra mano de obra especializada en piña, infraestructura (plantas empacadoras con altas especificaciones de calidad, transporte especializado y cámaras frías, etc.), insumos específicos para piña, talle-

res que fabrican y dan mantenimiento a equipo y maquinaria especializada, servicios de asistencia técnica especializada, entre otros. Por lo que la región ha desarrollado, en relativamente poco tiempo, ventajas competitivas sostenibles.

Este modelo, más exigente en inversiones, conocimiento, insumos especializados y disciplina comercial, contrasta notablemente con la producción piñera tradicional, pero sin competir con ella e, incluso, beneficiándola. En efecto, al reducir de manera sensible las caídas de precios en época de sobreproducción, que es la principal amenaza para los productores tradicionales de piña Cayena Lisa, su rentabilidad y riesgo han mejorado. Lo que finalmente redunda en una mayor actividad económica regional, sin que los productores con la nueva tecnología desplacen a los demás, ya que la producción tradicional y la de piña MD2 compiten en mercados distintos, lo cual ha hecho que esta transición tecnológica se esté dando más para aprovechar una oportunidad de negocio; que como una amenaza para no quedar fuera del mercado.

Este *boom* de la piña en la región tiene posibilidades de continuar, ya que está respaldado por una demanda dinámica, que se explica por los siguientes factores:

- Hay una certeza razonable de que, en un futuro muy cercano, los volúmenes de fruta exportada a EUA, principal mercado extranjero, se incrementarán por ofertarles fruta de mayor calidad y forma, con mayor nivel de madurez natural (que le brinda, mejor textura, sabor y aroma), con menores residuos de plaguicidas, producida con menor impacto ambiental y una mayor vida de anaquel que las ofertadas por otros países más lejanos.
- El acelerado crecimiento de la población y las cada vez mayores virtudes atribuidas al consumo de fruta de piña en fresco y sus derivados procesados, traerán consigo una mayor y más fuerte demanda de fruta en los próximos años.

No obstante, para que estas perspectivas comerciales prometedoras generen un proceso de desarrollo sostenible en las regiones piñeras se requiere desarrollar eficazmente y de manera prioritaria las siguientes acciones:

- Promover y consolidar la gestión de la innovación en toda la cadena de valor; especialmente el trabajo del Grupo de Investigación en Piña-INIFAP (GIP-INIFAP), ya que la tecnología “Ambiente protegido” de ninguna manera está terminada, porque con resultados sobresalientes, apenas está

en su fase de transición y adaptación por parte de los técnicos y productores. En efecto, faltan muchos aspectos que perfeccionar y resolver, dado que los ritmos de crecimiento y desarrollo de las plantas de piña, así como del fruto, cambiaron de manera significativa; por tanto, aspectos como la preparación del suelo y cama de siembra, la nutrición, manejo de la floración-maduración del fruto, programas fitosanitarios, de riegos de auxilio y manejo pre y poscosecha del fruto deben ser mejor definidos para que la planta exprese todo su potencial. Adicionalmente, las cada vez más exigentes demandas de los mercados, el cambio climático, las modificaciones en las regulaciones de ingredientes activos autorizados, la disponibilidad de mano de obra calificada y el desarrollo de nuevos equipos e insumos, entre otros, generarán nuevos retos tecnológicos, administrativos y comerciales.

- Desarrollar un programa de recolección, acopio y manejo ecológico de agroplásticos, con la intervención de las autoridades correspondientes, los productores-usuarios y las empresas privadas involucradas a la actividad piñera regional. Problema que, de no atenderse, puede volverse crítico. Entre 2010 y 2016, al menos 6 mil ha de piña comerciales pasaron a manejarse en ambiente protegido, es decir, casi un tercio de la superficie anual establecida en México, y los pronósticos de uso de agro-plásticos a mediano plazo, es que, al menos, un 80 % de ella se maneje así.
- Focalizar los recursos públicos, orientando los programas de apoyo federales y estatales para financiar y subsidiar, prácticamente de manera exclusiva, las inversiones e insumos relacionados con la “Tecnología para la producción intensiva de piña en ambiente protegido”, tales como acolchado plástico, sistemas de riego como los de pivote central o microaspersión y malla-sombra. La tecnología tradicional, basada en el “Sistema hawaiano convencional”, que como ya se mencionó ampliamente a lo largo del libro, provoca muchos daños ecológicos, ya no debería ser apoyada y mucho menos promovida. Sin bien es obvio que al principio habrá productores reticentes, cuando los resultados económicos sean evidentes, es previsible que estos productores migrarán a esta nueva opción, ambiental y socialmente mucho más sostenible.

- Iniciar campañas de promoción comercial con la intervención de las autoridades correspondientes, los productores y las empresas exportadoras involucradas, para que los compradores y los consumidores internacionales valoren las piñas cosechadas en las regiones más cercanas a ellos, ya que son frutas con mejores características gustativas, al ser cosechadas con niveles de maduración naturales, sin necesidad de recibir aditivos para darles un color amarillo de manera artificial y de fungicidas, para evitar pudriciones durante su prolongado período de traslado; además de evitar un mayor consumo de energía por su excesivo transporte y refrigeración desde zonas más alejadas.

En suma, el panorama para los agentes involucrados en la *cadena de valor piña* es prometedor, pero se requiere que todos los involucrados, principalmente los productores, empacadores y procesadores, con apoyo de los comercializadores busquen nuevos mercados y notifiquen a los generadores del producto las nuevas demandas y gustos del consumidor, para que sean capaces de asumir los retos señalados con eficacia y eficiencia.

Finalmente, no hay que olvidar que la piña como en todo "commodity", tiene fluctuaciones importantes de precio en función de las condiciones globales de la oferta y demanda mundiales. La drástica caída del precio regional de la piña entre noviembre de 2017 y agosto de 2018, afectará sobre todo a los pequeños productores que no podrán atender las crecientes exigencias del mercado con esos precios. Mientras que los productores de mayor tamaño buscarán reducir sus costos y detendrán sus inversiones. En todo caso, sólo los que asuman los retos señalados en esta coyuntura desalentadora lograrán sobrevivir y continuar en los mercados.

Literatura citada

Acuña G., G. (2005). La actividad piñera: Impactos, consecuencias y desafíos. Retrieved from http://www6.rel-uita.org/agricultura/actividad-pinera_costa-rica/index.htm

Aguilar A., J.; Rendón M., R.; Muñoz R., M.; Altamirano C., J. R., & Santoyo C., V. H. (2011). Agencias para la gestión de la innovación en territorios rurales. In M. Del Roble Pensado Leglise (Ed.), *Territorio y ambiente: aproximaciones metodológicas* (pp. 79–98). México: Siglo veintiuno editores. http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Aguilar P., L. A. (2016). *Etiología y control de la pudrición del cogollo de piña*. Colegio de postgraduados.

Aguirre G., A. (2000). *Química de los suelos ácidos templados y tropicales*. México: Universidad Nacional Autónoma de México- Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

ANAIN. (2008). Guía práctica La gestión de la Innovación en 8 pasos.

Anónimo. (2016). El cuero natural y sostenible producido con las fibras de las hojas de piña en Filipinas. Retrieved from http://www.ideassonline.org/public/pdf/NaturalLeather-ESP.pdf

Arias V., C. J., & Toledo H., J. (2000). *Manual de manejo postcosecha de frutas Tropicales (Papaya, piña, plátano, cítricos)*. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

ASERCA. (2000, October). La Producción de Piña en México, Historia de un Patrimonio Regional. *Claridades Agropecuarias*, 3–41. Retrieved from http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/086/ca086.pdf

Avendaño, N. (2011). Revisión taxonómica del género crotalaria L. (Faboideae-crotalarieae) en Venezuela. Acta Botánica Venezuelica, 34(1), 13–78.

Azcón-Bieto, J., & Talón, M. (2013). *Fundamentos de fisiología vegetal* (2nd ed.). McGraw-Hill Education.

Bartholomew, D. P. (2009). MD-2 Pineapple Transforms the World's Pineapple Fresh Fruit Export Industry. *Pineapple News*, (16), 2–5. Retrieved from http://www.ishs-horticulture.org/workinggroups/pineapple/PineNews16.pdf

Bartholomew, D. P.; Coppens d'Eeckenbrugge, G., & Chen, C.-C. (2006). Register of new fruit and nut cultivars list, pineapple. *HortScience*, *45*(5), 740–742.

Bartholomew, D. P.; Hawkins, R. A., & Lopez, J. A. (2012). Hawaii Pineapple: The Rise and Fall of an Industry. *HortScience*, *47* (10), 1390–1398.

Bartholomew, D. P., & Kadzimin, S. B. (1977). Pineapple. In P. Alvim, de T. & T. T. Kozlowski (Eds.), *Ecophysiology of Tropical Crops* (pp. 113–156). http://doi.org/10.1016/B978-0-12-055650-2.50010-1

Bartholomew, D. P.; Malézieux, E.; Sanewski, G. M., & Sinclair, E. (2003). Inflorescence and Fruit Development and Yield. In D. P. Bartholomew, R. . Paull, & K. G. Rohrbach (Eds.), *The pineapple: Botany, Production and Uses* (pp. 167–202). London, UK: CABI Publishing.

Castellanos, J. Z.; Uvalle B., J. X., & Aguilar S., A. (2000). *Manual de interpretación de análisis de suelo y agua*. (Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola, Ed.) (2nd ed.). México.

Chucho P., S. (2012). *Desarrollo del proceso tecnológico para elaborar mermelada de zanahoria (Daucus carota) con piña (Ananas comosus)*. Universidad Estatal de Bolívar.

COFEPRIS (Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitario). (2016). Retrieved from http://189.254.115.252/Resoluciones/Consultas/ConWebRegPlaguicida.asp

Collins, J. L. (1949). History, Taxonomy and Culture of the Pineapple. *Economic Botany*, *3*(4), 335–359. http://doi.org/10.1007/BF02859162

Collins, J. L. (1951). Notes on the Origin, History, and Genetic Nature of the Cayenne Pineapple. *Pacific Science*, *5*, 3–17.

CONAGUA. (n.d.). Normales climatológicas. Retrieved January 26, 2018, from http://smn.cna.gob.mx/es/component/content/article?id=42

Coppens d'Eeckenbrugge, G., & Duval, M.-F. (2009). The Domestication of Pineapple: Context and Hypotheses. *Pineapple News*, *16*, 15–27.

Coppens d'Eeckenbrugge, G.; Sanewski, G. M.; Smith, M. K.; Duval, M., & Leal, F. (2011). Ananas. In C. Kole (Ed.), *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources (Tropical and Subtropical Fruits)* (pp. 21–41). New York: Springer. http://doi.org/10.1007/978-3-642-21102-7

Coppens d'Eeckenbrugge, G.; Uriza A., D. E.; Rebolledo M., A., & Martínez R., L. (2011). The Cascajal Block: Another Testimony of the Antiquity of Pineapple in Mexico? *Pineapple News*, *18*, 47–48.

Coppens d´Eeckenbrugge, G., & Leal, F. (2003). Morphology, Anatomy and Taxonomy. In D. P. Bartholomew, R. . Paul, & K. G. Rohrbach (Eds.), *The pineapple: Botany, Production and Uses* (pp. 13–32). London, UK: CABI Publishing.

Córdoba A., F.; Pérez-Campos, E., & Magaña, P. (2000). Bromeliaceae. In J. Avalos & H. I. Maibach (Eds.), *Dermatologic Botany*. CRC Press LLC.

Corporación Colombia Internacional. (2003). Perfil de producto: Piña. Bogotá. http://doi.org/10.1590/S0102-35862000000100006

COVECA. (2003). Diagnóstico de la cadena de piña.

Crivelli S., C. (2017). *Análisis del Ciclo de Vida de dos sistemas de manejo para la producción de piña en México*. Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona.

da Silva S., L. F., & Haroldo R., D. (2007). Pineapple. In A. . Johnston (Ed.), *Fertilizing for High Yield and Quality :Tropical Fruits of Brazil* (pp. 179–201). Switzerland: International Potash Institute.

Davey, M. R.; Sripaoraya, S.; Anthony, P.; Lowe, K. C., & Power, J. B. (2007). Pineapple. In E. C. Pua & M. R. Davey (Eds.), *Biotechnology in Agriculture and Forestry: Transgenic Crops V* (Vol. 60, pp. 97–127). Springer-Verlag Berlin Heidekberg. http://doi.org/10.1016/0308-521X(87)90007-2

Demerutis P., C. (2007). Memorias del II Workshop Internacional de Póscolheita de Frutas. Brasil.

Díaz R., R. (2017). Piña miel: un nuevo producto para aumentar la competitividad-Amador Russell, SPR de RL. In *Innovar para competir 40 casos de exito* (1st ed., pp. 1–19). México.

Doorenbos, I., & Kassam, A. H. (1979). *Yield response to water*. Roma: FAO.

Duhalt G., A. (2001). *La producción de piña en la Cuenca Baja del Papaloapan: un análisis de sus crisis en 2000 y 2001*. Universidad Veracruzana.

Duval, M. F., Coppens d'Eeckenbrugge, G., Fontaine, A., & Horry, J. P. (2001). Ornamental Pineapple : Perspective from Clonal and Hybrid Breeding. *Pineapple News*, *8*, 13–14.

Ebel, A. I.; Giménez, L. I.; González, A. M., & Alayón L., P. (2016). Evaluación morfoanatómica de hojas "D" de piña (Ananas comosus (L.) Merr. var. comosus) en respuesta a la implantación de dos sistemas de cultivo en Corrientes, Argentina. *Acta Agronómica*, *65* (4), 390–397.

EPA (US Environmental Protection Agency). (2016). Retrieved from https://www.epa.gov/pesticide-tolerances/how-search-tolerances-pesticide-ingredients-code-federal-regulations

Espinoza T., G. (2016). *Efecto del acolchado plástico sobre la fertilidad biológica del suelo en el cultivo de piña (Ananas comosus) en la región del Bajo Papaloapan, México*. Universidad Veracruzana.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (n.d.). Retrieved April 8, 2017, from http://faostat.fao.org/

Fold, N., & Gough, K. V. (2008). From smallholders to transnationals: The impact of changing consumer preferences in the EU on Ghana's pineapple sector. *Geoforum*, *39*, 1687–1697. http://doi.org/10.1016/j.geoforum.2008.06.004

Fresh Plaza. (2015). El cuero que proviene de la piña. Retrieved January 1, 2018, from http://www.freshplaza.es/article/91501/El-cuero-que-proviene-de-la-piña

García, C. A. (2008). *Evaluación de una cepa múltiple de micorrizas en la nutrición de fósforo y productividad de piña MD2*. Universidad Veracruzana.

Geydan, T. D., & Melgarejo, L. M. (2005). Metabolismo ácido de las crasuláceas. *Acta Biológica de Colombia*, *10*(2), 4–15.

González V., A. (2014). *Efecto del acolchado plástico sobre las características físicas y químicas del suelo en dos lotes comerciales cultivados con piña MD2 (Ananas comosus var. comosus) en la región del Bajo Papaloapan*. Universidad Veracruzana.

Haroldo R., D.; da Silva S., L. F., & Pinto da C., G. (2000). Exigências edafoclimáticas. In D. Haroldo Reinhardt, L. F. da Silva Souza, & J. R. Santos Cabral (Eds.), *Abacaxi. Produção: aspectos técnicos* (pp. 11–12). Brasília-DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia.

Hawkins, R. (2009). Advertising and the Hawaiian Pineapple Canning Industry, 1929-39. *Journal of Macromarketing*, *29*(2), 172–192. http://doi.org/10.1177/0276146708329245

Hepton, A. (2003). Cultural System. In D. P. Bartholomew, R. . Paull, & K. G. Rohrbach (Eds.), *The pineapple: Botany, Production and Uses* (pp. 109–142). London, UK: CABI Publishing.

Herrera, W. (2001). Manejo de suelos y fertilización del cultivo de piña. In G. Meléndez & E. Molina (Eds.), *Fertilidad de Suelos y Manejo de la Nutrición de Cultivos en Costa Rica* (p. 139). Cetro de Investigaciones Agronómicas/Universidad de Costa Rica. Retrieved from http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria Curso Fertilidad de Suelos.pdf

IFI CLAIMS Patent Services. (2013). Pineapple plant named Rosé (EF2-114). Retrieved February 27, 2018, from https://patents.google.com/patent/US20130326768P1/en

IMTA. (2013). *Riego presurizado con uso de energía renovable*. Mexico.

Jiménez D., J. A. (1999). *Manual práctico para el cultivo de piña de exportación*. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Joy, P. P. (2010). Benefits and Uses of Pineapple. http://doi.org/10.13140/RG.2.1.2782.4888

Joy, P. P., & Sumanthi, A. (2017). Pineapple. In K. V. Peter (Ed.), *Genesis and evolution of horticultural crops* (pp. 263–295). UK: Kruger Brentt Publishers UK.

Kleemann, L., & Effenberger, A. (2010). *Price Transmission in the Pineapple Market-What Role for Organic Fruit? Kiel Working Paper*. Retrieved from http://www.econstor.eu/bitstream/10419/32812/1/627759637.pdf

Malézieux, E., & Bartholomew, D. P. (2003). Plant nutrition. In D. P. Bartholomew, R. . Paul, & K. G. Rohrbach (Eds.), *The pineapple: Botany, Production and Uses* (pp. 143–166). London, UK: CABI Publishing.

Malézieux, E.; Côte, F., & Bartholomew, D. P. (2003). Crop Environment, Plant Growth and Physiology. In D. P. Bartholomew, R. . Paul, & K. G. Rohrbach (Eds.), *The pineapple: Botany, Production and Uses* (pp. 69–107). London, UK: CAB publishing.

Marahatta, S. P.; Wang, K. H.; Sipes, B. S., & Hooks, C. R. R. (2012). Effects of Crotalaria Juncea on the anhydrobiotic state of rotylenchulus reniformis. *Nematropica*, *41*(1), 34–40.

Martner P., C. (2006). Cadenas logísticas de exportación de frutas y desarrollo local en el sureste de México. *Revista Eure*, *XXXII*(97), 63–80.

Martner P., C., Morales P., C. G., de la Torre R., M. E., & Bustos R., A. (2005). Cadenas Logísticas de Exportación En México: Piña Fresca Generadores Eléctricos Refrigeradores. Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Miller, C. M. (1990). Pineapple in Hawaii: A Guide to Historical Resources.

Molina, E. (2013). Manejo y nutrición del cultivo de piña. INTAGRI.

Morton, J. F. (1987). Pineapple. In J. F. Morton (Ed.), *Fruits of warm climates* (Creative R, pp. 18–28). Miami. Retrieved from https://hort.purdue.edu/newcrop/morton/pineapple.html

Muchovej, R. M. (2001). Importance of Mycorrhizae for Agricultural Crops. University of Florida-IFAS Extension. Retrieved from https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/AG/AG11600.pdf

Muñoz R., M.; Aguilar A., J.; Rendón M., R., & Altamirano C., J. R. (2007). *Análisis de la dinámica de innovación en cadenas agroalimentarias*. México: Universidad Autónoma Chapingo-CIESTAAM/PIIAI.

Murthy, S. H. V. (2016). *Introduction to Textile Fibres*. Woodhead Publishing India Pvt. Ltd.

Navarro B., S., & Navarro G., G. (2003). *Química Agrícola: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal* (2nd ed.). México: Ediciones Mundi-Prensa.

NMX-FF-028-SCFI-2008 (productos alimenticios no industrializados para consumo humano-fruta fresca-piña). (n.d.). Retrieved from http://www.economia-nmx.gob.mx/normasmx/index.nmx

Ogata, T., Yamanaka, S., Shoda, M., Urasaki, N., & Yamamoto, T. (2016). Current status of tropical fruit breeding and genetics for three tropical fruit species cultivated in Japan: pineapple, mango, and papaya. *Breeding Science*, *66*, 69–81. http://doi.org/10.1270/jsbbs.66.69.

Ochoa-Martínez, D. L., Uriza-Ávila, D. E., Rojas-Martínez, R. I., & Rodríguez-Martínez, D. (2016). Detection of Pineapple mealybug wilt-associated virus 1 and 3 in Mexico. *Revista Mexicana de Fitopatología*, *34*(2), 131–141.

Paull, R. E., & Duarte, O. (2011). Pineapple. In *Tropical Fruit* (2nd ed., Vol. 1, pp. 327–365).

Pavan, R., Jain, S., Shraddha, & Kumar, A. (2012). Properties and Therapeutic Application of Bromelain: A Review. *Biotechnology Research International*, 1–6. http://doi.org/10.1155/2012/976203

Py, C. (1968). *La piña tropical*. Barcelona: Editorial Blume.

Py, C., Lacoeuilhe, J. J., & Teisson, C. (1987). *The pineapple: cultivation and uses*. Paris: Maisonneuve & Larose.

Rebolledo-Martínez, A.; Uriza-Ávila, D.; Rebolledo-Martínez, L.; Becerril-Román, A. E., & Ruiz-Posadas, L. del M. (2002). Fruitone CPA para retardar la maduración en piña Ananas comosus (L.) Merr., cv. Cayena Lisa, cosechada en primavera. *Revista Brasileira de Fruticultura*, *24*(2), 354–358.

Rebolledo M., A. (2002). *Relaciones hídricas, nutrimentales y desarrollo de tres cultivares de piña en densidades intensivas de plantación con y sin cubierta plástica*. Colegio de Postgraduados.

Rebolledo M., A.; Uriza A., D. E.; del Ángel P. A. L.; Rebolledo M., L., & Zetina L., R. (2011). *La piña y su cultivo en México: Cayena Lisa y MD2*. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Rebolledo M., A.; Uriza A., D., & Rebolledo M., L. (1998). *Tecnología para la producción de piña en México*. Veracruz, M: INIFAP-CIRGOC.Campo Experimental Papaloapan.

Reyes M., J. J.; Uriza A., D. E.; Rebolledo M., L., & Rebolledo M., A. (2005). Paquete tecnológico sobre cultivo de la piña en Oaxaca. Fundación Produce Oaxaca.

Ríos T., A., & Osuna G., J. A. (2005). Diagnosis of pineapple crop (Ananas comosus L.) Cultivation in Nayarit, Mexico. *Acta Horticulturae*, *666*, 43–49.

Rodríguez M., M. D. C.; Ortíz C., P.; Coe, M. D.; Diehl, R. A.; Houston, S. D.; Taube, K. A., & Delgado C., A. (2006). Oldest Writing in the New World. *Science*, *313*, 1610–1614. http://doi.org/10.1126/science.1131492

Rohrbach, K. G., Leal, F., & Coppens d'Eeckenbrugge, G. (2003). History, Distribution and World Production. In D. P. Bartholomew, R. . Paul, & K. G. Rohrbach (Eds.), *The pineapple: Botany, Production and Uses* (pp. 1–12). London, UK: CAB Internacional.

Rosales A., J. J.; Cuevas G., R.; Gliessman, S.; Benz, B., & Cevallos E., J. (2016). El agrobosque de piña en el occidente de México: ecología, manejo tradicional y conservación biológica. In A. I. Moreno Calles, A. Casas, V. M. Toledo, & M.

Vallejo Ramos (Eds.), *Etnoagroforestería en México* (1st ed., pp. 43–68). México: Universidad Nacional Autónoma de México-Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia-Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad.

Rosales A., J. J.; Cuevas G., R.; Gliessman, S. R., & Benz, B. F. (2014). Estructura y diverisdad arbórea en el sistema agroforestal de piña bajo sombra en el occidente de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, *17*, 1–18.

Ruiz C., J. A.; Medina G., G.; González A., I. J.; Flores L., H. E.; Ramírez O., G.; Ortiz T., C., … Martínez P., R. A. (2013). *Requerimientos agroecológicos de cultivos* (2nd ed.). México: INIFAP.

Sánchez A., M. D. (2013). *Etiología y manejo de la pudricion de frutos de piña (Ananas comosus L. Merr) en postcosecha*. Colegio de Postgraduados.

Sánchez P., J. V., & Caraveo L., F. de J. (1996). *El Sistema-Producto Piña en México: Situación, problemática y alternativas*. México: Universidad Autónoma Chapingo.

Santos D., M., & Sosa C., L. A. (2016). *Interacción del encalado dolomítico, dosis de fertilización química y micorrizas-UV en piña "Cayena Lisa", bajo acolchado plástico total en la Cuenca Baja del Papaloapan*. Universidad Veracruzana.

Santoyo J., J. A., & Martínez A., C. Ó. (2011). Paquete tecnológico para la producción de piña en el sur de Sinaloa. Fundación Produce Sinaloa, A.C.

Secretaría de Economía. (2018). Sistema de Información Arancelaría Vía Internet (SIAVI). Retrieved March 20, 2018, from http://www.economia-snci.gob.mx/

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (n.d.). Retrieved June 1, 2015, from http://www.gob.mx/siap/

Soto, G. (2000). Captación de agua de nieblas costeras (Camanchaca), Chile. In Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia: Experiencias en América Latina (pp. 131–139). Chile: Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

SNIIM (Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados). (2015). Retrieved from http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/

Swete K., D. (1993). Nutritional Disorders. In R. H. Broadley, R. C. Wassman III, & E. Sinclair (Eds.), *Pineapple Pest and Disorders* (pp. 33–42). Brisbane:

Departament of Primary Industries- Queensland.

Taniguchi, G.; Sanewski, G. M.; Bartholomew, D. P., & Paull, R. E. (2008). Characteristics of the Pineapple Research Institute of Hawaii Hybrids 73-50 and 73-114. *Pineapple News*, (15), 27–33.

Toral J., M. A.; Uriza A., D. E., & López C., J. (2013). Acolchado plástico y malla-sombra: Innovaciones tecnológicas en la producción de piña MD-2 (Ananas comosus var. comosus) para el mercado de exportación. AGROENTORNO.

TRADE MAP. Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas. (2015). Retrieved from http://www.trademap.org/Index.aspx

UNCTAD. (2016). Pineapple: An INFOCOMM Commodity Profile. New York and Geneva.

United States Department of Agriculture Agricultural Research Service-National Nutrient Database for Standard Reference Legacy Release. (2016). Basic Report: 09266, Pineapple, raw, all varieties. Retrieved from https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/09266

UPAEP. (2005). Expo Ciencias 2005. México. Retrieved from http://www.expociencias.net/assets/reporte_2005.pdf

Uriza-Ávila, D. E.; Rebolledo-Martínez, A., & Rebolledo-Martínez, L. (2005). Diagnostic and Perspectives of Pineapple Cropping in Mexico. *Acta Horticulturae*, *666*, 29–39.

Uriza C., L. D. (2014). *Análisis del mercado alemán, para la exportación de piña Ananas comosus var comosus deshidratada, de Veracruz, México*. Universidad Veracruzana.

Uriza, D. E. (2011). Paquete Tecnológico Piña MD2 (Ananas comosus var. comosus): Establecimiento y mantenimiento. Centro de Investigación Regional Golfo Centro-Campo Experimental Cotaxtla/Papaloapan.

UTEPI. (2006). *Piña. Estudio Agroindustrial en el Ecuador: Competitividad de la Cadena de Valor y Perspectivas de Mercado*. Quito, Ecuador: Programa Integrado MICIP-ONUDI.

Vagneron, I.; Faure, G., & Loeillet, D. (2009). Is there a pilot in the chain? Identifying the key drivers of change in the fresh pineapple sector. *Food Policy*, *34*, 437–446. http://doi.org/10.1016/j.foodpol.2009.05.001

Wang, K.; Sipes, B. S., & Schmitt, D. P. (2001). Suppression of Rotylenchulus reniformis by Crotalaria juncea, Brassica napus, and Tagetes erecta. *Nematropica*, *31*(2), 235–250.

Wang, K.; Sipes, B. S., & Schmitt, D. P. (2002). Crotalaria as a cover crop for nematode management: a Review. *Nematropica*, *32*(4584), 35–57.

Zetina L., R.; Rebolledo M., A., & Uriza A., D. . (2005). Soil Characterization of Pineapple Producing Regions of Mexico. *Acta Hort. (ISHS)*, *666*, 51–58.

Zuccolotto G., R. F. (2011). *Efectos de los Hongos Micorrízico Arbusculares con dosis decrecientes de fertilizantes en el cultivo de piña Cayena Lisa, bajo condiciones de campo*. Universidad Veracruzana.

Anexo 1. Evolución de las organizaciones piñeras en Veracruz

Este anexo presenta el testimonio del Ing. Francisco A. Espinoza Domínguez, un destacado miembro de organizaciones piñeras en Veracruz, quien fungió como gerente general del COVERPIÑA de 2006 a 2014. Sus opiniones detallan algunas de las acciones organizativas realizadas por los principales actores involucrados en el cultivo de la piña en México, en ese periodo crucial para su desarrollo.

En virtud de que el gremio piñero del estado de Veracruz no contaba con líderes que organizaran de manera certera y confiable la actividad productiva para enfrentar la crisis que ocurría desde hacía ya varios años (a partir de 2001-2002), en 2005, un grupo de productores destacados, interesados en consolidar figuras organizativas más serias, oficiales y confiables, apoyados por funcionarios y técnicos de las dependencias e instituciones de mayor importancia relacionadas con este cultivo, se dio a la tarea de constituir un Comité y un Consejo Estatal a manera de integrar a los productores con los demás sectores productivos que participan en el proceso de producción-consumo, buscando lograr mayores niveles de competitividad en toda la cadena, todo ello con base en el sustento legal que proporcionó la Ley de Desarrollo Rural Sustentable.

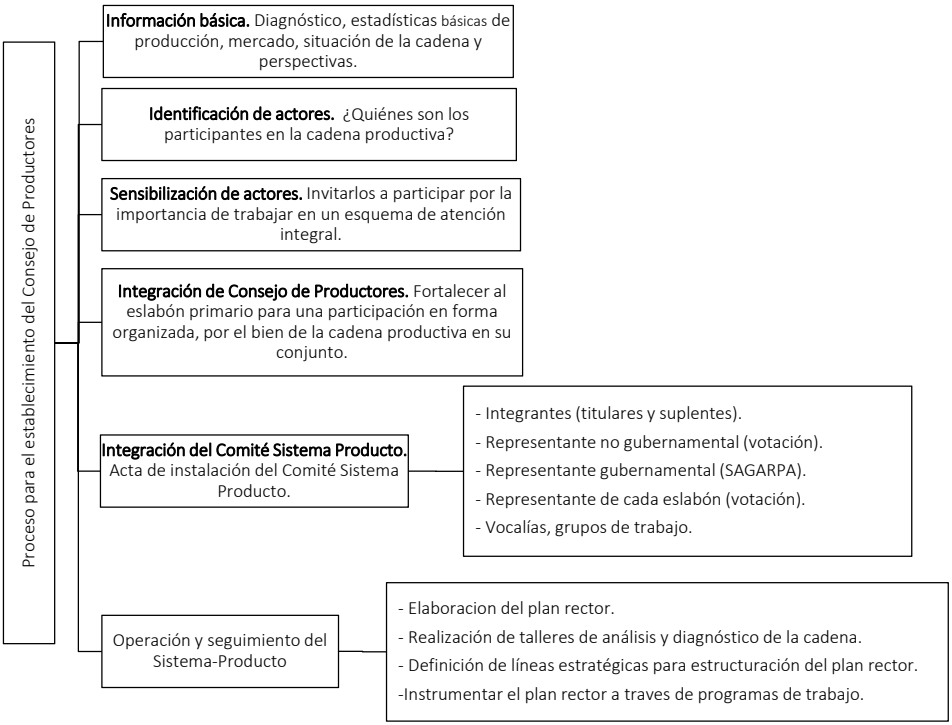
Una vez cubiertos los procesos enunciados anteriormente, se dio a la tarea de organizar a los municipios piñeros del estado de Veracruz hasta lograr la integración del Consejo y del Comité Estatal de Productores de Piña, tal y como se describe a continuación:

Consejo Veracruzano de Productores de Piña, AC. Se constituyó en mayo de 2006. Su primera actualización se dio en marzo de 2009, y la última en septiembre de 2013. El padrón original fue de 2,144 productores, con una superficie registrada de 10,357 ha de cosecha y 9,410 de plantillas, distribuidas en ocho municipios (Isla, Juan Rodríguez Clara, José Azueta, Chacaltianguis, Medellín, Alvarado, Tlalixcoyan y Playa Vicente). En 2015, el padrón registró 2,238 productores.

Comité Sistema Producto Piña Veracruz, AC. Se integró en junio de 2006 y se constituyó como figura jurídica en marzo de 2009. El Consejo Directivo se actualizó en julio de 2010. En el Sistema Producto Piña Veracruz participan siete de los principales eslabones de la cadena productiva: productores, comercializadores,

empacadores y exportadores (AMEP), industriales, transportistas, proveedores de insumos, maquinaria y equipo, y prestadores de servicios.

Figura A1.1.
Procedimiento para el establecimiento del Consejo de Productores de Piña (COVERPIÑA)



Consejo Nacional de Productores de Piña, AC. Organización constituida en junio de 2007; en conjunto, representa a más de cuatro mil productores piñeros en los cinco estados productores que cuentan con su respectivo Comité Sistema Producto (Veracruz, Oaxaca, Tabasco, Quintana Roo y Nayarit). La última actualización del Consejo de Administración se llevó a cabo en abril de 2010.

El Plan Rector Estatal de Veracruz fue una de las primeras acciones del COVERPIÑA y del Comité Sistema Producto; elaborado en diciembre de 2006 mediante un proceso de planeación estratégica participativa, con un total de 415 integrantes de la cadena productiva. El documento fue aprobado y validado por el Comité SPP el 4 de mayo del 2007. En marzo de 2009 tuvo su primera actualización, y la última en febrero de 2011. Dentro de la problemática más relevante que afectaba la competitividad del Sistema Producto Piña en esa época, se identificaron diferentes factores:

- Falta de organización y poca integración de los eslabones de la cadena productiva.
- Problemas de comercialización y falta de canales directos para productores pequeños.
- Dificultades en el acceso al financiamiento y falta de garantías ante la Banca.
- Precios altos de insumos y, en ocasiones, de mala calidad.
- No se contaba con suficientes plantaciones de piña MD2, lo que limitaba la participación de México en el mercado de exportación, y concentraba la producción de piña Cayena Lisa en el mercado nacional[10].

Los objetivos del Comité Sistema Producto Piña nacional y estatal han sido, de manera resumida:

1. Fortalecer la representatividad para gestionar apoyos y desarrollar la cadena productiva.
2. Fortalecer la producción primaria como eslabón fundamental de la cadena productiva.
3. Apoyar el desarrollo permanente de capacidades a todos los eslabones de la cadena.
4. Acceso a crédito oportuno, suficiente, adecuado y con tasas preferenciales.

[10] Esto fue válido a finales de 2013, cuando se consideró suficiente el autoabasto nacional de material vegetativo del clon MD2, para satisfacer las necesidades regionales en Veracruz, Oaxaca y Tabasco, incluso otros estados como Colima, Nayarit, Jalisco, Quintana Roo y pequeñas regiones de otros estados, con intenciones de modestos proyectos de desarrollo con este cultivo.

5. Desarrollar y fortalecer esquemas de comercialización.
6. Fomentar la transferencia de tecnología existente y adquirir tecnología de punta.
7. Establecer alianzas estratégicas para disminuir costos de insumos.
8. Posicionar a la piña mexicana en los mercados nacional e internacional.

Muchos son los logros que el COVERPIÑA, AC y el Comité Sistema Producto Piña, AC obtuvieron durante sus primeros siete años de actividades. Gran parte del éxito se debió a que la organización, desde sus inicios, contó con un consejo de administración compuesto por profesionistas con amplia experiencia en el cultivo de piña; asimismo, una red de cinco oficinas de representación, enclavadas en los municipios de mayor producción de piña en el estado, y una estructura operativa de profesionales con amplia experiencia en el cultivo y trato directo con productores de piña, la cual se arropó en sus actividades administrativas con la contratación de despachos de asesoría especializada (Reyna Maza y Asociados en la parte contable y fiscal; PROYEFIN, SC en la parte de consultoría y elaboración de proyectos productivos, y con el Lic. Jaime Cerdán Hierro, titular de la Notaría núm. 1 de San Andrés Tuxtla, Veracruz, en la parte legal). En cuanto a la colaboración mutua, ésta se realizó con instituciones financieras, educativas y de investigación (FIRA Agencia Isla, Universidad del Centro de Veracruz, INIFAP Sitio Experimental Papaloapan en Isla, Veracruz y del Campo Experimental Cotaxtla). En la parte de gestoría se establecieron relaciones con dependencias gubernamentales del sector agropecuario (SAGARPA México, Delegación Estatal de SAGARPA en Veracruz, SEDARPA del Gobierno del Estado de Veracruz, FIRA, INIFAP, INVEDER, FUNPROVER, SENASICA, ASERCA, CESVVER, PROMÉXICO, México Calidad Suprema), lo cual permitió obtener diversos logros, entre los que destacan:

- Apoyos directos para adquisición de insumos, maquinaria y equipo especializado.
- La inclusión de la piña como cultivo elegible, al Programa Trópico Húmedo.
- Que la malla-sombra fuera beneficiada con incentivos, al demostrarse que no era un insumo y sí un concepto de inversión dentro del cultivo de piña.

- Desde 2007, con el asesoramiento y apoyo del FIRA, se desarrolló una dispersora de crédito la cual hoy día, por cuestiones fiscales, tuvo que migrar a intermediario financiero no bancario (IFNB), AVANPIÑA SA DE CV SOFOM ENR, el cual cumple con las necesidades de crédito de forma oportuna, suficiente, adecuada y con tasas preferenciales para los eslabones que integran la cadena productiva y, en especial, para pequeños productores sin acceso a la Banca.
- Importantes apoyos de ASERCA para la realización de: i) estudio del mercado mexicano para la piña y sus derivados; ii) sistema de información comercial para la piña y sus derivados en el mercado mundial y promoción al consumo de la piña en México; iii) estudios de mercado y campaña de promoción al consumo en EUA, Canadá, Bélgica y Holanda, y iv) promoción de piña fresca mexicana en el sur de Estados Unidos.
- 75 cursos y talleres de capacitación, fomentando con ello la transferencia de tecnología existente y la adquisición de tecnología de punta, mediante un convenio de colaboración mutua con el INIFAP y universidades públicas.
- Importantes proyectos de desarrollo al acceder, mediante gestiones directas, a programas federales y en concurrencia con el Gobierno del Estado de Veracruz (Programa de Impulso a la Competitividad, Alianza para el Campo, Activos Productivos, Organízate, PROMOAGRO, Trópico Húmedo, PIDEFIMER).
- Alianzas estratégicas con empresas de agroquímicos y fertilizantes para disminuir costos de insumos.
- Fortalecimiento de la representatividad para gestionar apoyos y desarrollar la Cadena Productiva Piña.
- Apoyo a la producción primaria, por ser eslabón fundamental de la cadena productiva.
- Un avance significativo, al fomentar el desarrollo permanente de capacidades en todos los eslabones de la cadena productiva, con el apoyo del Programa de Desarrollo de Capacidades, Innovación Tecnológica y Extensionismo Rural, universidades públicas, laboratorios y casas comerciales de agroquímicos, FIRA, INIFAP (Sitio Experimental Papaloapan y Campo Experimental Cotaxtla). Con este apoyo, se realizaron más de 120 cursos-talleres, seis viajes de transferencia de tecnología, tres diplomados

en producción de piña MD2 con enfoque transicional, para técnicos y grandes productores, y un curso-taller para pequeños productores.

- Desarrollo de esquemas de comercialización de fruta con empresas procesadoras (SABORMEX, FREXPORT, Agroindustrias de Rodríguez Clara, CITROFRUT, FRUCOVER, Orbal Kent) y exportadoras de piña en fresco (VERAFRUT, Pinicola Comercial, La más Dorada, Golden Van, Grupo Gasperín).
- En apoyo a la inocuidad agroalimentaria se ejecutaron recursos autorizados por el SENASICA/SAGARPA para dos proyectos; el primero a través de México Calidad Suprema, a fin de certificar cultivares de piña mediante la modalidad de áreas integrales, así como la certificación de los empaques de la región; el segundo, para contribuir con el medio ambiente, se construyó un centro de acopio de envases vacíos de agroquímicos y afines (CAT), lo cual dará certeza a las exportaciones y evitará que se contaminen mantos acuíferos, aire, ríos, lagunas y mares.
- Se logró apoyo del Programa Trópico Húmedo en los años 2009, 2010 y 2011 para el establecimiento de 700 ha de piña MD2, con un monto de apoyo de $34.8 millones.
- Se apoyó la constitución de una empresa comercializadora, con un empaque de piña calidad exportación, a fin de hacer llegar insumos más baratos a los productores asociados al COVERPIÑA, AC, y para buscar canales de comercialización de la fruta dentro y fuera del país.

Cabe mencionar que las empresas filiales (comercializadora Son de Piña Veracruz SA y Financiera AVANPIÑA SA de CV SOFOM) se crearon estratégicamente para dar a la organización y sus asociados, un enfoque empresarial.

Sobre la creación y desarrollo de la dispersora de crédito en el COVERPIÑA, AC, se puede comentar que el retiro de la Banca, lo extenso del período del cultivo de la piña y la falta de una institución de crédito que atienda a productores con poca superficie a sembrar y nula garantía, es una de las principales limitantes que habían estado enfrentando los productores de piña del estado de Veracruz y de otros estados productores en la república, y que incide en diversos factores de producción como son: accesos a insumos, tecnificación del cultivo, cambio de variedades, rendimiento y calidad de la fruta y enfoque de mercado, entre otros. En virtud de lo anterior, una de las prioridades del Consejo Veracruzano de Productores de Piña, aprovechando su capacidad organizativa y administrativa, tanto de los

directivos como del personal operativo, y tomando en cuenta las necesidades de financiamiento y amplio potencial de colocación de créditos entre los asociados, fue la de crear una dispersora de crédito especializada que opere con un enfoque de Sistema Producto. Durante el período mencionado, las operaciones efectuadas, fueron:

1. La primera incursión de crédito en 2008 se dio a través de la Banca privada con una línea de 10 millones de pesos, garantizada con una garantía líquida de 1:1, beneficiando a 150 productores, con una superficie total de 350 ha.
2. La segunda línea ejercida en 2009 fue por 25 millones de pesos, con una relación de garantía líquida de 2:1, beneficiando a 450 productores con una superficie de 830 ha.
3. La tercera incursión al crédito en 2010, se dio a través de tres líneas, por un importe total de 42.3 millones de pesos, con una relación de garantía líquida de 3:1, beneficiando a 500 productores, con una superficie de 1,400 ha.
4. En 2011 y 2012 se tramitaron tres líneas de crédito por 56.5 MDP, con una relación de garantía de 2.5:1, beneficiando a 300 productores, con una superficie de 950 ha.

Sobre la creación y desarrollo de la comercializadora "Son de Piña Veracruz SA de CV" se puede comentar que, derivado de la necesidad de abatir sustancialmente el intermediarismo y de cumplir con el compromiso que hicieron los directivos de COVERPIÑA, de conseguir recursos para construir un empaque de piña "calidad exportación" que permitiera comercializar la fruta a Estados Unidos y Canadá, lo cual quitaría presión al mercado de la piña Cayena Lisa en México, se implementó la estrategia para apoyar la constitución de una empresa comercializadora que lograra abatir los costos de los insumos utilizados en el cultivo de la piña y conseguir nuevos nichos de mercado dentro y fuera del país. Para este propósito el 9 de mayo de 2008 se constituye, con socios fundadores y socios accionistas, la empresa Son de Piña Veracruz, SA de CV. La cual durante varios años marcó la diferencia en los precios de fertilizantes y agroquímicos en la zona, propiciando que las tiendas comerciales también los bajaran, en beneficio de todos los productores agropecuarios de la región. A la par, el COVERPIÑA AC le apoya a gestionar ante la SAGARPA, dentro del programa de Activos Productivos, recursos por

12.3 MDP para la construcción de una agroindustria empacadora de piña "calidad exportación".

Sobre el proyecto de "Reconversión a piña MD2", el comentario es que, teniendo como sustento el Plan Rector Estatal, el COVERPIÑA gestionó y canalizó desde el año 2006, apoyos a los productores para la adquisición de material vegetativo de piña MD2, contando con apoyos del Programa de Competitividad por Ramas de Producción, a través del cual se lograron adquirir 3.5 millones de hijuelos de este nuevo híbrido de piña, el más solicitado por el mercado fresco internacional. Posteriormente, los apoyos para establecimiento de piña con material vegetativo de MD2 se incorporaron al proyecto "Trópico Húmedo" a partir del ejercicio 2009, por la iniciativa presentada por este Comité Estatal del Sistema Producto Piña en Veracruz, logrando apoyar el establecimiento de 125 ha en 2009, 275 ha en 2010, 300 ha del ejercicio 2011, presentadas a través de la SOFOM AVANPIÑA, y 300 ha en 2012, (estas últimas no prosperaron por insuficiencia presupuestal). Con estos proyectos se buscó mejorar la competitividad de los productores de piña, incrementando la superficie y producción de piña MD2, a fin de aumentar la presencia de México en el mercado de Estados Unidos y en el de Canadá. Tan sólo estos dos mercados representan una demanda anual de 100 millones de cajas de piña en fresco, de los cuales actualmente participamos con apenas 4 millones de cajas, que equivalen a 4 % del total.

Los apoyos del Programa Trópico Húmedo, posteriormente denominado Sur-Sureste, en el proceso de reconversión a piña MD2 promovido por el Comité Sistema Producto Piña, demostró excelentes resultados, mismos que se pueden evaluar en términos del incremento de las exportaciones de piña, por sus efectos positivos en el comportamiento de los precios de la piña Cayena Lisa en el mercado nacional, y por la derrama económica que se genera en las regiones piñeras por la vía de la creación de empleos directos e indirectos. Con lo anterior, se afirma que el "Proyecto Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur-Sureste de México", implementado por la SAGARPA, ha incidido de manera fundamental en el logro de estos resultados y ha demostrado ser uno de los mejores programas de apoyo que se han implementado, ya que al estar vinculado a un crédito bancario, se garantiza el apoyo a proyectos viables, que además quedan sujetos a verificación de las inversiones por las áreas de seguimiento de la Banca, de las aseguradoras y de las propias instancias ejecutoras del programa. De igual forma, cabe resaltar el acierto que la propia Secretaría tuvo al permitir incentivos a productores que no tenían acceso a la Banca comercial.

Sugerencias de la organización, para mejorar los procesos de los comités sistema producto, incluido piña

Con base a la experiencia, resulta conveniente mencionar que para un mejor control de los resultados de las organizaciones de productores que integren los Comités Sistema Producto, es necesario seleccionar a los productores asociados con mayor disposición a realizar mejoras empresariales en sus unidades de producción, pues todo aquel productor que no tiene sentido de negocio termina siendo un lastre para las actividades de la organización y para el desarrollo del sector. Asimismo, por otro lado, se sugiere no permitir que los comités y consejos de productores se politicen, porque política y el concepto empresario, en la práctica, es difícil que vayan de la mano.

Por último, se debe ser muy insistente con los funcionarios de las dependencias del sector agropecuario que participan en el Comité Sistema Producto para que no dejen de asistir a las reuniones que se contemplan en el reglamento interno del citado organismo, y se le dé seguimiento puntual a los acuerdos signados en las actas correspondientes.

Sin duda, el conjunto de estas acciones y apoyos permitió una incuestionable expansión de la superficie, producción y exportación de fruta de piña MD2, así como la tecnificación de 2,500 hectáreas, orientadas principalmente al mercado fresco de exportación. Las plantas empacadoras especializadas en este tipo de fruta (no sólo las que exportan producto a granel) pasaron de cinco a por lo menos 12, muchas de las cuales ahora también surten de esta fruta a grandes cadenas comerciales para su venta en México, diversificando con ello las opciones al consumidor nacional.

Anexo 2. Producción intensiva de piña en ambiente protegido

Con el fin de ilustrar aspectos relevantes del libro, se incluyen algunas imágenes de la “Producción intensiva de piña en ambiente protegido: una alternativa agronómica, comercial y ecológica contra el cambio climático en México”, que se presentó en el marco del “IX Simposio Internacional de Piña”, celebrado en la Habana, Cuba, del 15 al 19 de octubre de 2017.

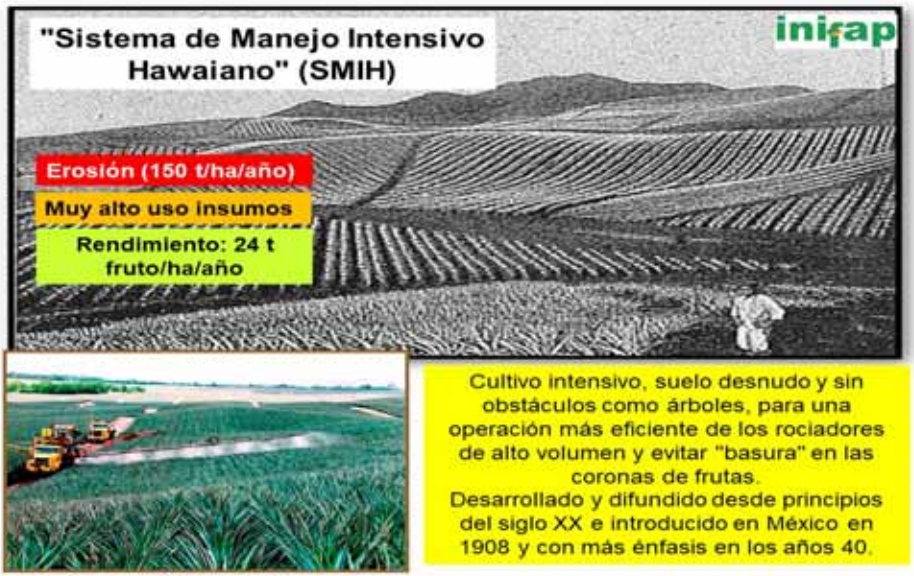
A2.1 Sistemas de producción de piña

Piña: **Origen**, **diversificación** y **domesticación** (7,000 años)

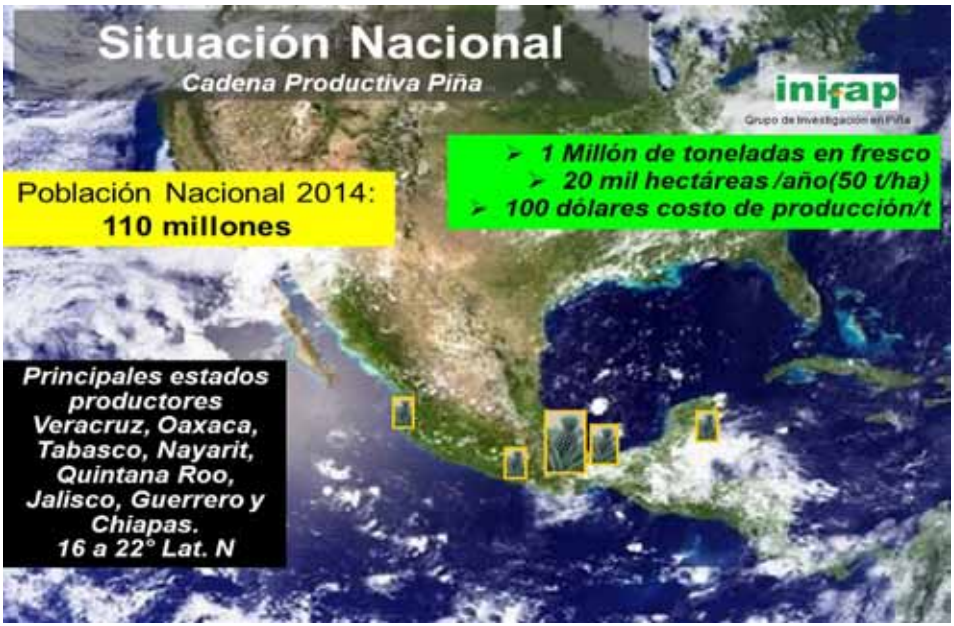
La piña era conocida en México, Centro América y el Caribe, desde tiempos prehispánicos. Colón la conoció en Isla Guadalupe en Noviembre 4, 1493.

"Piedra del Cascajal – Cascajal's Stone": Olmeca. Descubierta en 1999 en Jáltipan, Veracruz, México. Edad: **3,200 años**

Agrobosque de piña: Utilizado en México desde hace 4 mil años, antes de introducir el Sistema de Manejo Intensivo Hawaiano (1908 y 1940). Incluye acolchado del suelo y sombra natural, además de nitrógeno aportado por los árboles de la familia leguminosa, reciclaje de residuos vegetales y equilibrio de componentes biológicos del ambiente.

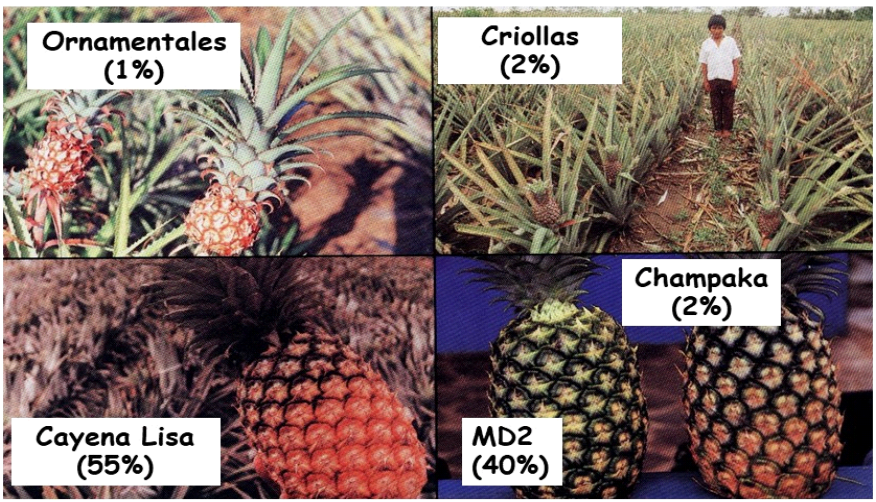

"Sistema de Manejo Intensivo Hawaiano" (SMIH)
inifap
Erosión (150 t/ha/año)
Muy alto uso insumos
Rendimiento: 24 t fruto/ha/año
Cultivo intensivo, suelo desnudo y sin obstáculos como árboles, para una operación más eficiente de los rociadores de alto volumen y evitar "basura" en las coronas de frutas.
Desarrollado y difundido desde principios del siglo XX e introducido en México en 1908 y con más énfasis en los años 40.

"Sistema de Producción Intensiva de Piña en Medio Protegido "(SPIPAP)
inifap
Se basa en la protección del suelo y la humedad mediante cobertura de plástico total (negro / calibre 150) y la protección de las plantas contra la radiación solar mediante Malla de Sombra Plástica (negro / 50% de sombra).
Erosión (<10 t/ha/año)
40% menos insumos
Rendimiento: 45 t de fruta/ha/año

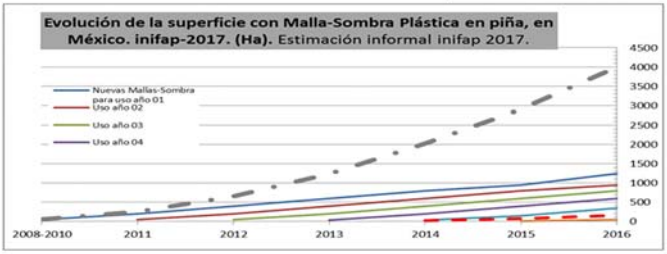

Situación Nacional
Cadena Productiva Piña
inifap
Grupo de Investigación en Piña
Población Nacional 2014:
110 millones
1 Millón de toneladas en fresco
20 mil hectáreas /año(50 t/ha)
100 dólares costo de producción/t
Principales estados productores Veracruz, Oaxaca, Tabasco, Nayarit, Quintana Roo, Jalisco, Guerrero y Chiapas.
16 a 22° Lat. N

Destino de la Producción Nacional de Piña
inifap
Grupo de Investigación en Piña
10% Exportaciones en fresco
100 mil t/año
Sobre todo a USA Y CANADÁ
75% en fresco para mercado nacional
750 mil t/año
15% Agroindustria (enlatado, jugo concentrado, etc.).
150 mil t/año

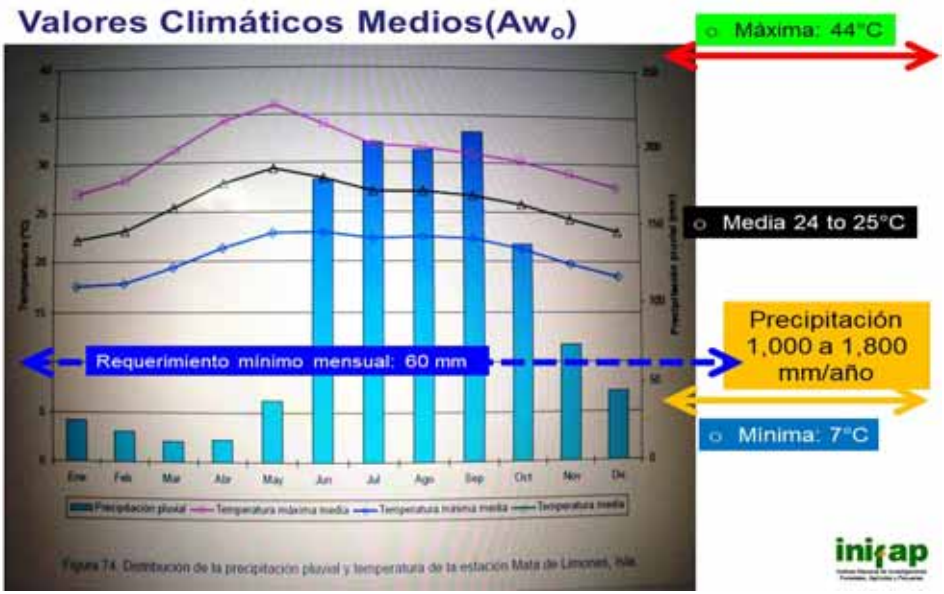
GENOTIPOS DE MAYOR PRESENCIA COMERCIAL EN MÉXICO DONDE SE VALIDÓ CON ÉXITO EL SISTEMA EN AMBIENTE PROTEGIDO

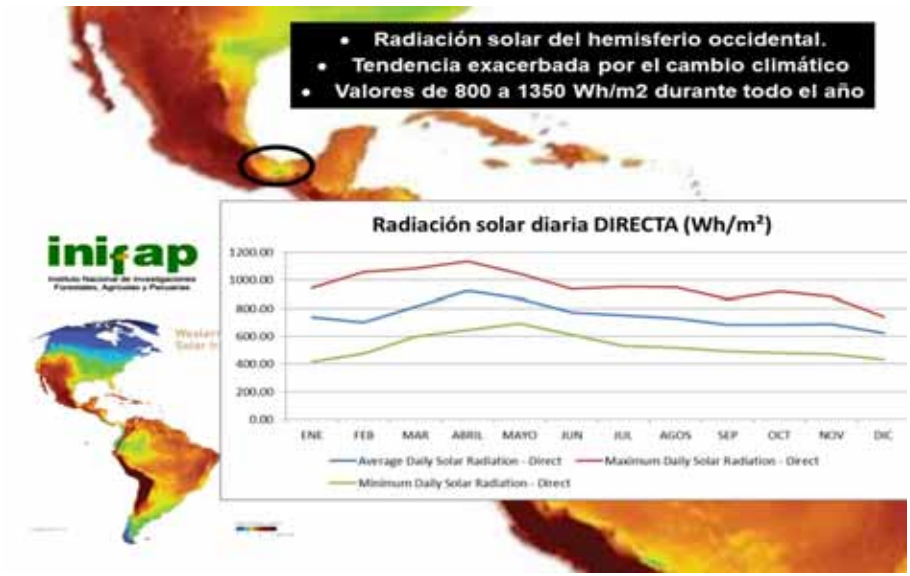


Evolución del cultivo de piña bajo Ambiente Protegido en México

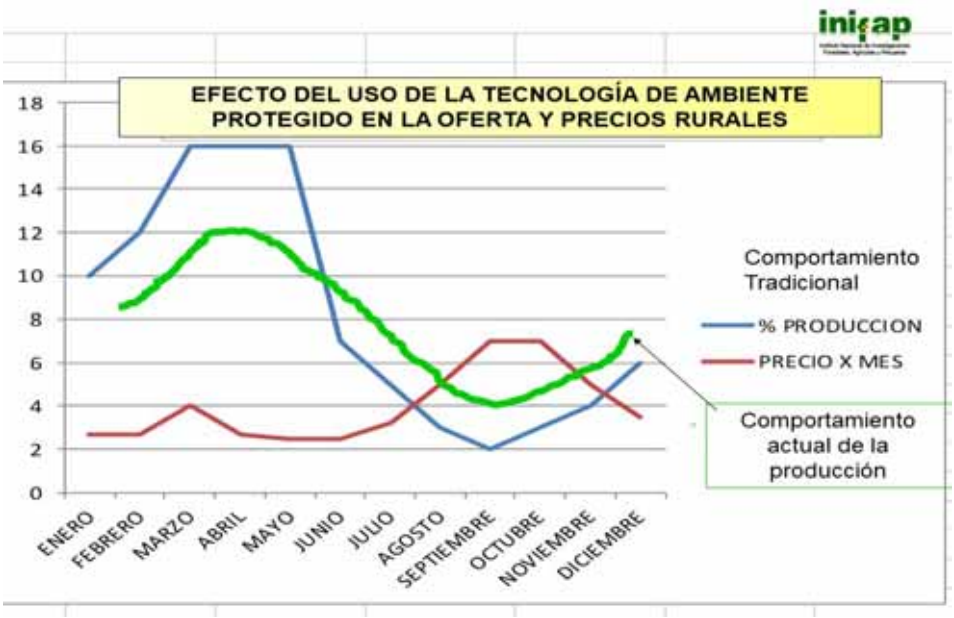


MANEJO CONVENCIONAL DE PLANTACIONES DE PIÑA EN MÉXICO: APLICACIÓN MANUAL O MECÁNICA DE INSUMOS, DENSIDADES BAJAS A MEDIAS: MERCADO NACIONAL FRESCO COMO OBJETIVO (2.5 - 3.0 kg por fruta), RENDIMIENTO entre 50-70 t/ ha
inifap

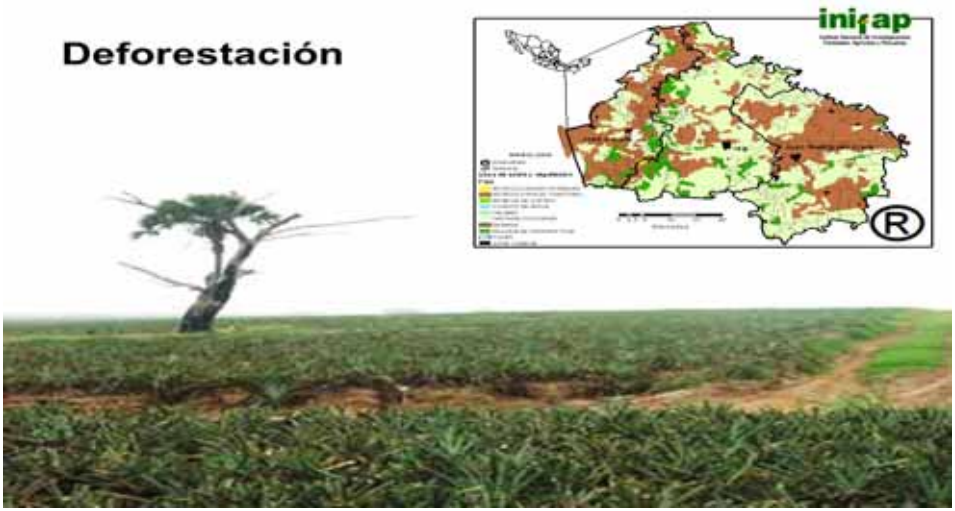

Valores Climáticos Medios(Aw$_o$)
Máxima: 44°C
Media 24 to 25°C
Precipitación 1,000 a 1,800 mm/año
Mínima: 7°C
Requerimiento mínimo mensual: 60 mm
inifap


• Radiación solar del hemisferio occidental.
• Tendencia exacerbada por el cambio climático
• Valores de 800 a 1350 Wh/m2 durante todo el año
inifap
Radiación solar diaria DIRECTA (Wh/m²)
1200.00
1000.00
800.00
600.00
400.00
200.00
0.00
ENE FEB MAR ABRIL MAYO JUN JUL AGOS SEP OCT NOV DIC
Average Daily Solar Radiation - Direct
Maximum Daily Solar Radiation - Direct
Minimum Daily Solar Radiation - Direct

inifap
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA EL MANEJO INTENSIVO Y SEMI-MECANIZADO DE CULTIVOS DE PIÑA EN MÉXICO
PRIMER CULTIVO O PLANTILLA
EDAD DEL CULTIVO EN MESES
ETAPA DEL CULTIVO
ACTIVIDAD
SEGUNDO CULTIVO O SOCA ACAHUAL
EDAD DEL CULTIVO EN MESES
ETAPA DEL CULTIVO
ACTIVIDAD



A2.2 Problemas de producción de piña relacionados con el suelo y el medio ambiente en México



inifap
Erosión (150 t/ha/ciclo)
(3kg suelo/kg fruta),
acidificación (3.5 pH) y
pérdida de fertilidad.

inifap
Grupo de Investigación en Piña
Excesos y déficits de agua
durante el ciclo

inifap

Uso de agua ineficiente en sistemas de riego sobre suelo desnudo y al aire libre.

- Mayor gasto de agua por riego
- Mayor frecuencia de riegos
- Distribución irregular
- Aplica en áreas no deseadas
- Mayor consumo de mano obra y energía
- Lavado de insumos y suelo
- Cambios bruscos de temperatura y humedad en planta y frutos

Ineficiencia en la efectividad de los productos aplicados (herbicidas, fertilizantes, insecticidas, hormonas, etc.) debido al arrastre, la falta de humedad, la evaporación y la radiación.

inifap

inifap
Daño y cambios fisiológicos en las hojas debido a la radiación solar excesiva.

inifap
Floraciones prematuras de invierno en nuevas plantaciones debido a condiciones que estresan a la planta.

inifap
Malformación de frutas por suministro insuficiente de calcio, boro, magnesio y otros micronutrientes.
Flujo de agua interrumpido por la falta de evo-transpiración.
Inducción floral en tiempos de alta radiación y altas temperaturas.

inifap
Daño a las inflorescencias y frutas en desarrollo por altas radiaciones: coronas múltiples y quemaduras.

MÉTODOS CONVENCIONALES DE PROTECCIÓN DEL FRUTO: Daños por alta radiación solar (30%)

Colección Trópico Húmedo – Piña

A2.3 Propuesta de manejo para la producción de piña bajo ambiente protegido

Materiales y métodos

- Trabajos del **inifap** con la colaboración de la Universidad Veracruzana, Colegio de Postgraduados, ITES Cosamaloapan y la Universidad Autónoma Chapingo, para tesis profesionales. (2010-2017) realizados en la Cuenca Baja del Papaloapan, ubicada a los 18° LN y 95° LO.

- Los tratamientos evaluados se distribuyeron en campo de acuerdo al diseño y arreglo experimental seleccionado, según las características del trabajo y se practicaron los análisis y pruebas estadísticas que mejor se adecuaron a ellos.

- Finalmente, se realizó el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de estos dos sistemas de manejo, para caracterizarlos, analizarlos y compararlos, con base a 18 categorías de impactos ambiental evaluadas.

En las parcelas implica el uso integrado de protección con acolchado plástico y malla sombra

DIFERENTES ETAPAS DE EVALUACIÓN DEL ACOLCHADO PLÁSTICO EN PIÑA

Precipitación acumulada, pendiente del terreno, sedimentación y erosión en las camas de siembra cultivadas con piña MD2, con y sin acolchado plástico, en la región de Los Llanos de Isla y Rodriguez, Clara, en el sur de Veracruz, México (2012).

Sitio	Tratamiento de manejo del suelo	Precipitación acumulada (mm)	Pendiente (%)	Sedimentación[Z] (m³/ha)	Sedimentación[Z] (t/ha)
San Miguel[Y]	Sin acolchado plástico	747	1.91	106	146
	Con acolchado plástico total			0	0
San Luis[Y]	Sin acolchado plástico	747	2.55	89	114
	Con acolchado plástico total			0	0
Los Pinos[X]	Sin acolchado plástico	1229	1.73	41	53
	Con acolchado plástico duplex			0/2	0/2
Promedio	Sin acolchado plástico	908	2.06	78	104
Promedio	Con acolchado plástico	908	2.06	0	0

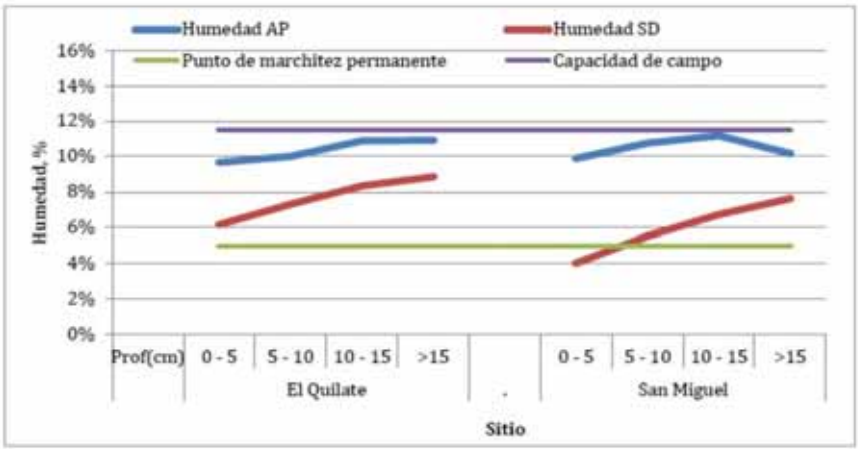
Sitio	Tratamiento de manejo del suelo	Precipitación acumulada (mm)	Pendiente (%)	Erosión o Socavación[V] (m³/ha)	Erosión o Socavación[V] (t/ha)
San Luis	Sin acolchado plástico siembra en plano	1994	3.84	49	65
San Luis[W]	Con acolchado plástico sobre la cama y sin acolchado en el surco	1994	3.05	0	0

inifap

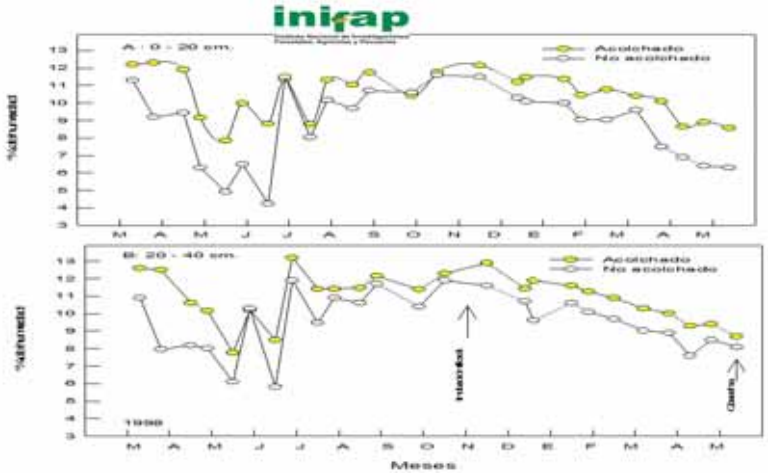
- **Duplica la eficiencia del agua de lluvia y reduce temporalmente la demanda / consumo en el riego.**

Los productos aplicados bajo el acolchado plástico actúan inmediatamente y no hay pérdidas por arrastre, lixiviación, evaporación o fotolisis.

inifap



% de humedad del suelo a diferentes profundidades en dos sitios experimentales. AP=Ambiente Protegido; SD=Sol Directo



% de humedad durante el desarrollo de la piña en los sistemas de plantación con acolchado plástico y en suelo desnudo en profundidades: A) 0 a 20 cm; y B) 20-40 cm.

inifap

Respecto a la calidad biológica del suelo, Espinoza, (2015) demostró, que:

- **Bajo Acolchado Plástico Total** la cantidad de especies de hongos encontradas fue de 16, de bacterias 4.3, de colonias de hongos y bacterias 143, mientras que la respiración basal del suelo tuvo una media de 27 CO_2(mg)/100g/96h.

- **Bajo Suelo Desnudo**, estos valores fueron de solo 13, 2.1, 42 y 21 CO_2(mg)/100g/96h, respectivamente, lo que demuestra la bondad de este instrumento técnico para mejorar las condiciones para lograr un incremento de la microbiología benéfica del suelo.

- Evaluación de la malla en sombra en Piña

inifap

Malla Sombra Negra (50%)

- ✓ Clorofila en 100% de las hojas.
- ✓ Actividad fotosintética de 100%
- ✓ Generación de fotosintatos, cerca del 100% del potencial.
- ✓ 25% mas rendimiento en fruta y calidad.

"A cielo abierto"

- ✓ Clorofila en solo 15% de las hojas D, C y B.
- ✓ Actividad fotosintética de < 25%
- ✓ Generación de fotosintatos de < 50% del potencial
- ✓ 25% menos rendimientos y calidad.

inifap
Malla sombra de plástico negra (40, 50 y 65% de sombra)

La malla sombra reduce cambios bruscos de temperatura y previene las floraciones naturales de invierno.

EVITA O REDUCE:
• Cambios drásticos (hídricos o térmicos).
• Daños por radiación en plantas, frutos y yemas.
• Coronas múltiples
• Envejecimiento de hojas
• Pérdida de humedad (frecuencia de riegos y lavado de insumos).
• Periodos de estancamiento en el desarrollo de plantas y raíces
• Pérdida de efectividad en los insumos por radiación
• Golpeteo directo de las gotas en el suelo (defloculación).
• Contaminación con rafia/periódico
.... además de daños al fruto por plagas y enfermedades
La malla sombra protege los frutos contra las quemaduras por el sol en nuevas plantaciones, socas y resocas.

inifap
En plantaciones con acolchado plástico, la mejor alternativa son las aplicaciones líquidas, incluso para socas y resocas. Posteriormente se pueden aplicar los productos sobre la malla sombra y será más eficaz para su protección contra la radiación solar excesiva.
Aspersor de Alto Volumen fabricado por la empresa "Demeneghi" SPRAY BOOM

inifap

Además de lograr excelentes resultados en la forma, calidad y apariencia de las frutas, el uso adecuado de la malla sombra permite una cosecha más eficiente, rápida y barata, ya que cada fruta es apreciada totalmente por la cortadora apreciando su color, tamaño y presencia de anomalías. .

La fruta pesa hasta 15% más y dura hasta 12 días más en anaqueles que la protegida por papel y hoja de piña.

inifap

Acahual o Soca. Vista de la condición nutrimental y fitosanitaria de una plantilla recién cosechada y rasurada, bajo un manejo de Ambiente Protegido.

RENTABILIDAD DE 3 SISTEMAS DE MANEJO DE PIÑA MD2 EN Veracruz, Mexico (2013-16).

Sistema de producción	Acolchado y malla (n=5)		Acolchado (n=3)		Tradicional (n=5)	
Calidad de la fruta	Primera	Segunda	Primera	Segunda	Primera	Segunda
Rendimiento (Ton/Ha^{-1})	62	8	48	12	38	12
Precio de venta ($/Kg^{-1})	3.50	2.20	3.15	2.00	3.00	1.80
Ingreso bruto parcial ($ 000)	217	18	151	24	114	22
Ingreso bruto total ($)	235		175		136	
Costo de producción total ($ 000)	125		117		122	
Ingreso neto ($ 000)	109		59		13	
Rentabilidad (%)	87		50		11	
Relación B/C	**1.9**		**1.5**		**1.1**	

Evaluación del Ciclo de Vida Piña

Categoría de impacto	Abreviatura	Unidad	Producción 1 kg Piña Convencional	Producción de 1 kg Piña Ambiente Protegido
Cambio climático	CC	kg CO2 eq	0.13692	0.08689
Deterioro de Ozono	DO	kg CFC-11 eq	0.00000	0.00000
Acidificación Terrestre	AT	kg SO2 eq	0.00082	0.00049
Agua Dulce Eutrofización	ADE	kg P eq	0.00006	0.00003
Marina Eutrofización	ME	kg N eq	0.00021	0.00012
Toxicidad Humana	TH	kg 1,4-DB eq	0.06727	0.03897
Formación de Oxidantes Fotoquímicos	FOF	kg NMVOC	0.00060	0.00041
Formación de Partículas	FP	kg PM10 eq	0.00041	0.00024
Ecotoxicidad Terrestre	ET	kg 1,4-DB eq	0.00013	0.00006
Ecotoxicidad de Agua Dulce	EAD	kg 1,4-DB eq	0.00169	0.00097
Ecotoxicidad Marina	EM	kg 1,4-DB eq	0.00165	0.00095
Radiación Ionizante	RI	kBq U235 eq	0.01070	0.00592
Ocupación de Tierras Agrícolas	OTA	m2a	0.01124	0.00656
Ocupación de Suelo Urbano	OSU	m2a	0.00293	0.00166
Transformación de la Tierra Natural	TTN	m2	0.00003	0.00002
Agotamiento del Agua	AA	m3	0.00207	0.00113
Agotamiento de Metales	AM	kg Fe eq	0.01271	0.00759
Agotamiento de los Fósiles	AF	kg oil eq	0.04207	0.03091

Evaluación del Ciclo de Vida
inifap
Porcentaje (%)
100
80
60
40
20
0
Categoría de impacto
CC DO AT ADE ME TH FOF FP ET EAD EM RI OTA OSU TTN AA AM AF
Variable
Piña Ambiente Protegido
Piña Convencional

inifap
Reciclado o destrucción ecológica del Acolchado Plástico y de la Malla Sombra al final de su uso comercial

A2.4 Conclusiones

CONCLUSIONES

inifap

"*Sistema de Producción Intensivo Hawaiano*" (SMIH) utilizado desde hace 100 años y caracterizado por manejarse a suelo desnudo y cielo abierto. Solo promedia un equivalente a 23 ton de fruta cosechada/ha/año, con una reducida relación beneficio/ costo de 1.2 y con 40% mayores impactos ecológicos que implican –entre otros daños- la perdida de 3.0 kg de suelo, el gasto adicional de 15 L de agua de riego y la generación de 0,1375 kg CO_2 eq, por 1 kg de piña cosechado.

"*Sistema de Producción Intensiva de Piña en Ambiente Protegido*" (SPIPAP) tecnología desarrollada y propuesta por el **inifap** para sustituir al anterior sistema, logra en un mismo plazo el equivalente a 45 ton de fruta cosechada/ha/año, con una atractiva relación beneficio/costo de 1.8 y con 40% menores impactos ecológicos que implican –entre otras ventajas- la perdida de solo 0.1 kg de suelo, el ahorro de 15 L de agua de riego y la generación de solo 0,0873 kg CO_2 eq, por 1 kg de piña cosechado.

Esta alta rentabilidad económica, la más regular producción a través del tiempo y el bajo costo ecológico que su uso implica, al detener y revertir el proceso de deterioro y mejorar la calidad general del suelo y disminuir la contaminación al reducir en un 40% las cantidades de fertilizantes y agroquímicos, es suficiente para considerarla como la opción más conveniente a utilizar para la producción de piña en México, ya que resulta menos agresiva al medio ambiente, pero más rentable y sustentable que la anterior, para enfrentar mejor, los posibles efectos negativos del Cambio Climático.

RECUERDE: Una vez terminada la "vida útil" de los agro-plásticos (acolchado plástico, cintillas de riego y malla-sombra) utilizados, sus residuos deben tener un manejo ecológico, que garantice su reciclado, resguardo o destrucción, adecuados.

¡Gracias de todo el equipo Piña de Inifap

Daniel Uriza Ávila
uriza.daniel@inifap.gob.mx
cepap2@yahoo.com.mx
Isla, Veracruz. México
Celular: 283 87 40443

Anexo 3. Paquetes tecnológicos de piña SAGARPA-INIFAP, 2018

El Grupo de Investigación en Piña-INIFAP (GIP-INIFAP) enfatiza en las siguientes consideraciones generales sobre los paquetes tecnológicos que la SAGARPA tiene como referencia para el cultivo de piña Cayena Lisa Mercado Fresco Nacional (INIFAP/PT-PCyL-MFN-2018), Cayena Lisa Proceso Industrial (INIFAP/PT-PCyL-PI-2018), MD2 Exportación Convencional (INIFAP/PT-PMD2-EC-2018) y MD2 Exportación con Acolchado Plástico (INIFAP/PT-PMD2-EAP-2018), sugeridos por este Instituto, para las principales regiones productoras de México (Cuadro A3.1). Con estos paquetes se espera contribuir a un crecimiento y manejo ordenado del cultivo, el mejoramiento del rendimiento, calidad, inocuidad y rentabilidad, según requerimientos de los diversos mercados destino, todo ello, mediante un manejo que provoque el menor daño al entorno ecológico.

Aun cuando estos paquetes contienen información detallada y supuestamente suficiente, pudieran darse confusiones para su implementación en campo, por parte de productores y técnicos, pero principalmente entre las instancias financieras, de supervisión y auditoria, para su debida y oportuna interpretación durante la comprobación de los recursos.

Para ello, a continuación se presentan algunas consideraciones que pretenden aportar elementos que ayuden a todos los involucrados en los procesos de gestión, ejercicio, seguimiento y comprobación de los recursos de apoyo financiero al cultivo de los diversos proyectos (federales, estatales y municipales), a normar sus criterios para la correcta interpretación y aplicación de normas y reglamentos, de acuerdo a las variantes que obligadamente tuvieron que realizar los productores en sus plantaciones –según su experiencia–, para adecuarlas a las condiciones edáficas, de fertilidad, agrometeorológicas y fitosanitarias regionales y otras extraordinarias que hayan ocurrido en el ciclo de interés y año fiscal correspondiente.

Los cambios sustantivos requeridos y aplicados conscientemente por los productores en el manejo de sus plantaciones, para adecuarlas a las condiciones locales de suelo y de clima durante el ciclo, incluyen ajustes a densidades de plantación, actividades, productos, dosis y demás conceptos de inversión que se desglosan en dichos paquetes, por lo que los finalmente utilizados pueden ser diferentes de los que originalmente se proponen como ejemplo. En general e independientemente de la actividad, práctica, insumo, dosis y número de

aplicaciones realizadas durante el ciclo del cultivo, es importante que en su comprobación se diferencie el costo directo del producto-insumo del de su aplicación (manual o mecanizada) y gastos adjuntos para realizarla (traslado de personal, agua, insumos, etc.).

Como cualquier ser vivo, las plantas de piña y resto de organismos (benéficos o dañinos) que desarrollan en su entorno agroecológico, responden a ritmos que la propia naturaleza les impone durante su ciclo de cultivo, el cual puede durar de 12 a 18 meses entre la siembra y la cosecha del fruto, de acuerdo a la suma de las condiciones del suelo, meteorológicas, de manejo agronómico y nutricional, entre otras. Es un hecho que cuando el agricultor utiliza los recursos técnicos de apoyo (enmiendas, acolchado plástico, fertilizantes, plaguicidas, riego, aspersores de alto volumen, hormonas, malla-sombra, etc.) generados por la investigación agrícola para estos fines, se disminuye el efecto perjudicial de los factores negativos ocurridos, se corren menos riesgos y se logra una mayor producción y rentabilidad.

En el cuadro A3.1 se presentan los principales estados y municipios con actual actividad y vocación para la producción de piña en México, incorporados al Comité Nacional Sistema Producto Piña AC. Los cuatro paquetes tecnológicos de piña INIFAP/versión-2018 son potencialmente utilizables en ellos, o al menos sirven como base técnica, siempre y cuando algunas condiciones locales muy contrastantes con las que ocurren en la región piñera del Bajo Papaloapan (principalmente las relacionadas con el tipo de suelo), sean manejadas con tecnologías más adecuada a ellas.

Cuadro A3.1.
Estados y municipios en México, con potencial de producción de piña, incorporados al Comité Nacional Sistema Producto Piña AC. 2016

Estados	Municipios
Veracruz	Rodríguez Clara, Isla, José Azueta, Chacaltianguis, Playa Vicente, San Juan Evangelista, Tlalixcoyan, Medellín, Alvarado, Jamapa, Tres Valles y Martínez de la Torre
Oaxaca	Loma Bonita y Tuxtepec
Tabasco	Cárdenas, Huimanguillo
Nayarit	Compostela y Bahía de Banderas
Quintana Roo	Bacalar, Othón P. Blanco y José María Morelos

Principales consideraciones técnicas

A continuación, se presentan las que se consideran las más importantes consideraciones sobre los paquetes tecnológicos vigentes, con énfasis en los principales factores agroclimáticos y componentes de interés que mayormente afectan el desarrollo del cultivo, y otros que pudieran generar confusión por las diferentes maneras posibles de ejecutarlos en campo:

1. Cada uno de los cuatro paquetes tecnológicos de piña INIFAP/versión 2018, es resultado del análisis y recuento de componentes, conceptos, prácticas, actividades e insumos que se consideran potencialmente necesarios realizar y aplicar durante un ciclo de cultivo de una plantación comercial de piña, desde su etapa de presiembra hasta la cosecha, que permita obtener un rendimiento competitivo y calidad del fruto adecuada a la demanda y normas de cada mercado destino.

   Para definir cada paquete, relacionado con los mercados objetivo de interés, se revisaron varias opciones de los aplicados comercialmente por empresas y productores de manera exitosa. Aun cuando entre ellos existen contrastes en densidad de siembra, tipos de insumos y cantidades aplicadas, así como en duración del ciclo, todos logran los fines de producción y calidad del fruto esperada en sus proyectos, según el mercado objetivo.

2. Estos paquetes tecnológicos deben considerarse sólo como una guía para los productores, técnicos, supervisores, dependencias gubernamentales y entidades financieras, ya que los conceptos, cantidades y valores que en ellos se definen, son promedios regionales y están sujetos a una diversidad de condiciones que obligan a productores y técnicos de campo a modificarlos y adecuarlos en la práctica, a las condiciones que se presenten en la plantación durante el ciclo del cultivo.

   Salvo que se justifique, ningún paquete deberá aplicarse de manera inflexible en campo, ya que aun con los mismos objetivos comerciales, sin duda cada lote o plantación tiene sus propias características que lo diferencian del resto.

3. Algunos de los factores más importantes que afectan el desarrollo del cultivo y su ambiente biológico y agronómico se describen a continuación:

a. *Factores edáficos*. Se refiere principalmente a la condición de acidez o alcalinidad, fertilidad natural y capacidad de retención de humedad del suelo de cada lote específico, lo que influye en la definición de los programas de mejoramiento del suelo, la densidad de plantación a utilizar y del programa de nutrición para ese predio en concreto.

Estas variaciones hacen que la densidad de plantación por hectárea sugerida en los paquetes tecnológicos de nuestro interés, pueda reducirse o aumentarse de acuerdo al potencial productivo de cada lote. Normalmente esta variación es en promedio, del 10 %, según criterio del responsable técnico de la plantación en referencia, aunque cuando todos los factores son favorables y se cuenta además con riego, el aumento en la densidad de población puede ser de hasta 15 %.

Así también, la cantidad de insumos relacionados con el factor suelo-nutrición, como la cal dolomítica (Ca y Mg) para la corrección del pH y de fertilizantes con elementos básicos (N, P, K, Ca, Mg, S) y microelementos (B, Zn, Mn, Fe, Cu, Mo) para nutrir adecuadamente a las plantas, serán un tanto diferentes entre plantaciones, aun cuando estas tengan el mismo mercado destino.

Ejemplo de ello son los suelos calizos de Quintana Roo, donde el encalado no es del todo necesario y los nutrientes y microelementos que más requieren aplicarse a las plantas, no son necesariamente los requeridos bajo condiciones de suelos ácidos, como los que predominan en la cuenca Baja del Papaloapan y La Chontalpa, en Tabasco. Así también ocurre entre predios en estas últimas regiones, predios incluso contiguos, los cuales presentan desiguales valores de acidez, fertilidad y capacidad de retención de agua, por lo que hay que manejarlos agronómicamente de manera diferenciada.

b. *Factores climáticos*. Se refiere principalmente a la precipitación y temperaturas ocurridas en los sitios de las plantaciones y sus valores, que influyen en el ritmo de crecimiento y desarrollo de las plantas durante su ciclo, así como el de las malezas y demás organismos, benéficos y fitoparásitos, presentes en la plantación.

Las lluvias (frecuencia, volumen e intensidad) influyen en el comportamiento y eficiencia de los herbicidas, plaguicidas, fertilizantes, hormonas y

demás insumos utilizados, por lo que las aplicaciones, dosis y oportunidades de aplicación de ellos estarán sujetas al comportamiento de las plantas y organismos fitoparásitos presentes. Obviamente, la disponibilidad de riego en algunas pocas plantaciones y el uso de otros artilugios técnicos (acolchado plástico y malla-sombra), cambian la condición real y el potencial de crecimiento de las plantaciones se incrementa de manera notable. A menor precipitación ocurrida, la cantidad de agua que se requiere para mantener el ritmo de crecimiento del cultivo es mayor, lo cual implica gastos adicionales para su suplementación (sistemas de riego, energía, mano de obra), los cuales también deben ser considerados como parte del costo de producción.

Así, por ejemplo, si no se presentan las condiciones adecuadas de humedad para el desarrollo de malezas en ciertas etapas del cultivo, la aplicación de herbicidas químicos para su control no se justifica, por lo que deberá prescindirse de esta opción y en su lugar recurrir al control manual. Lo mismo ocurre si una plaga o enfermedad esperada –en tal o cual etapa del cultivo– no se presenta o sólo se desarrolla de una manera menor o si, por el contrario, aumenta su incidencia y severidad de manera extraordinaria, lo que obligaría a incrementar el número de aplicaciones de plaguicidas para su control durante esa etapa o etapas del ciclo. Cuando ocurren lluvias extremas después de la aplicación de insumos a la plantación, como fertilizantes y plaguicidas, seguramente estos serán "lavados" por lo que habrá que repetirlas para cumplir con el objetivo de ellas.

Incluso como factor adicional, el déficit o exceso de radiación solar que incide sobre las plantaciones en determinada etapa del ciclo, con sus consecuencias sobre el desarrollo del cultivo y calidad de la fruta, también obliga a los productores a adecuar sus programas de manejo para no incumplir con sus compromisos de venta a clientes o aumentar riesgos de manera innecesaria.

c. *Opciones de uso y precios de servicios.* Los costos en servicios como renta del lote, labores de preparación del terreno, aplicación de agroquímicos manualmente o con aspersores de mochila o de alto volumen, fletes para el traslado del personal y transporte de insumos y equipos de trabajo, entre otros, presentan una considerable variabilidad entre productores debido a que depende de la oferta-demanda local, las distancias entre el local sede

del prestador del servicio y la finca del solicitante, del número de hectáreas contratadas, del número de trabajadores a trasladar y de la calidad del servicio que se brinda. Ante esta diversidad, los productores deberán elegir la que más se ajuste a sus necesidades y posibilidades, siempre y cuando se cumpla adecuadamente con el objetivo del servicio.

Una opción alterna al pago de maquila, es que el productor realice estas actividades con maquinaria, equipo, vehículos y personal propios, lo que implica el pago de mano de obra especializada para su operación, combustible y lubricantes, mantenimiento y reparación de los equipos, así como su depreciación. Estos son gastos directos que se hacen para la atención de las plantaciones, por lo que deben ser reconocidos como parte del costo del cultivo.

d. *Opciones de uso y precios de insumos*. Los insumos mencionados en los paquetes técnicos referidos, tanto plaguicidas como fertilizantes y otros del tipo hormonal, son mencionados por su nombre técnico o ingrediente activo. La mayoría de ellos tienen varias presentaciones comerciales, por lo que los productores podrán seleccionar entre ellas las que les resulten más disponibles, económicas o confiables , pero que permitan cumplir con su objetivo y estén permitidas oficialmente por las autoridades mexicanas y del país a donde se exportará la fruta.

   Con respecto a plaguicidas se mencionan –como ejemplo- ingredientes activos sintéticos, dosis y número de aplicaciones para tal o cual plaga, enfermedad o infestación por malezas, en el entendido de que sólo deberán aplicarse si los muestreos en campo lo justifican. El ingrediente a utilizar será el que esté autorizado oficialmente para el control del problema fitosanitario detectado. Muchos de ellos se aplican de manera preventiva, cuando aún no se presenta el problema en campo, pero existe un alto riesgo de que ocurra, por lo que no conviene posponer su aplicación.

   En referencia a los fertilizantes sintéticos, en los paquetes tecnológicos se sugieren algunas mezclas fertilizantes comerciales ya disponibles en el mercado regional, pero además existen otras más elaboradas con base a NPK y demás elementos que también pueden ser utilizadas, como lo son: (10-15-05-07MgO-11CaO-01ZnO-0.3B2O3), (13-00-17-06MgO-10CaO-0.9ZnO-0.3B2O3), (15-05-10-06MgO-10CaO-0.9ZnO-0.3B2O3), (30-00-00-

01MgO-07CaO-0.7ZnO-0.2B2O3-08SO4), (12-08-12-06MgO-10CaO-0.9ZnO-0.3B2O3), (10-00-10-09MgO-16CaO), (10-10-00-10MgO-17CaO), (12-11-18-2.7MgO), (21-07-14-03MgO), (19-04-19), STAR (21-17-03), (15-15-15); (27-00-00-04Ca-04MgO); (15.5-00-00-26.5CaO), (15.4-00-00-25.6CaO-0.3B), (15.5-00-00-26.3 CaO), 35-0-0; 31-0-0; 26-0-5,2; 26-0-0-4,75 (SO4); 25-0-0-9 (SO4); 19,25-0-5,5; 3-0-9-10 (SO4); 9-0-0-18 (CaO); 7,6-0-0-11; y la 11-0-11. Para tratar de sustituirlas o equipararlas, se podrán utilizar diversas fuentes fertilizantes originales, adquiridas por separado, siempre y cuando se garantice el contenido de elementos, tal como lo marca el programa de nutrición. Entre las fuentes originales de nutrimentos a utilizar, están: urea (46-00-00), sulfato de amonio (21-00-00-24 S), nitrato de amonio (33.5-00-00), nitro-calcio (26-00-00-12 CaO), nitrato de potasio (13-00-44), nitrato de calcio (15-00-00-26 CaO), fosfato diamónico (18-46-00), fosfato monoamónico (10-50-00-02 CaO), superfosfato simple de calcio (00-19-00-20 CaO-12 S), superfosfato triple (00-46-00), cloruro de potasio (00-60-00), sulfato de potasio (00-50-00-17 S), sulfato de potasio y magnesio (00-00-22-18 MgO-22 S), sulfato de magnesio (00-00-00-16 MgO-22 S), sulfato de calcio (00-00-00-24 Ca-14 S), sulfato de zinc (00-00-00-31 Zn-xx S), triple 17 (17-17-17 base Cl), sulfato ferroso, de zinc, manganeso, cobre, calcio y magnesio, así como molibdatos sódicos o amónicos, óxido de calcio, bórax, entre las principales. Cuando se aplican micronutrimentos (sólo los considerados iones) usando como fuentes los sulfatos, se debe quelatar la solución para aumentar la eficiencia en la absorción de los elementos por las plantas. Existen varias alternativas y productos para hacerlo, aunque al parecer los más eficientes son los agentes quelatantes fuertes (como el EDTA, DTPA, EDDHA, HEEDTA, NTA y CDT), le siguen los intermedios (poliflavonoides, lignosulfatos, aminoácidos, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, polisacáridos y otros) y, finalmente, los más débiles (ácidos cítrico, ascórbico y tartárico).

Existen productos considerados como fertilizantes biológicos (endomicorrizas) y abonos verdes (*Crotalaria juncea*), que también son parte del manejo nutrimental del cultivo y que corresponden a la forma más deseable para aportar y aprovechar nutrientes en el sistema piña, por lo que hay que fomentar decididamente su uso extensivo.

Las opciones para la inducción floral son: carburo de calcio, ethephon y etileno-gas, en dosis y número de aplicaciones que varían de una a tres, según época del año, variedad y condición del piñal.

Así, con el resto de insumos.

4. Con respecto al ciclo del cultivo se debe resaltar que éste implica al menos siete etapas agronómicas (no financieras): 1) presiembra, de uno a seis meses, mientras se realizan todas las labores de preparación del terreno; 2) establecimiento de la plantilla, de uno a dos meses, hasta que arraiga la planta; 3) desarrollo vegetativo, de 6 a 12 meses, hasta que la planta está lista para su inducción floral; 4) inducción floral, un mes; 5) desarrollo y cosecha de la fruta, período que puede durar de 5 a 7 meses, según variedad de piña, mercado destino y época de cosecha; 6) cosecha de vástagos, de tres a seis meses. Después inicia el segundo ciclo de producción, también conocido como soca, que dura de 12 a 14 meses. Por ello, un ciclo de cultivo completo de plantilla, que incluya preparación anticipada del terreno hasta cosecha, puede tener una duración de entre los 16 a 22 meses, bajo condiciones de temporal estricto y con valores climatológicos cercanos a los promedios históricos de las regiones productoras en referencia.

Es durante este período, con diferencias en su duración evidentemente amplias, donde los productores deberán aplicar de manera oportuna cada una de las actividades e insumos considerados en los paquetes tecnológicos. Sin embargo y por lógicos fines de evitar intereses innecesarios y excesos de existencias en bodega por compras anticipadas, que los insumos se adquieren de manera diferida, casi siempre de acuerdo a los avances y necesidades inmediatas del cultivo en su momento.

Bajo condiciones de temporal estricto, el período de siembras inicia con las primeras lluvias (mayo-junio), continúa durante el temporal formal de lluvias (julio-octubre) y concluye con las últimas precipitaciones de la temporada de "nortes" (noviembre-marzo), con una mayor frecuencia de siembras entre los meses de agosto a noviembre. Esta amplitud del periodo natural de siembra provoca que muchos productores establezcan sus plantaciones dentro de dos ejercicios fiscales diferentes, aunque todas dentro del mismo ciclo natural de cultivo. Tal situación puede provocar controversias administrativas para las

comprobaciones de los subsidios y/o créditos otorgados para siembras establecidas en los últimos meses del año fiscal o inicios del siguiente, en donde resulta prácticamente imposible que se practiquen todas las prácticas y se apliquen todos los insumos correspondientes a la etapa de establecimiento, en un periodo tan corto del ciclo.

Los siguientes, son los paquetes tecnológicos de piña Cayena Lisa y MD2 sugeridos por el INIFAP, con sus detalles básicos que los definen y diferencian.

PAQUETE TECNOLÓGICO DE PIÑA CAYENA LISA
MERCADO FRESCO NACIONAL INIFAP/PT-PCyL-MFN-2018

Duración Estimada del ciclo en meses (siembra-cosecha)	14-18	
Plantas Sembradas	35,000	
Plantas cosechadas	33,250	95%
Peso promedio por fruto	2	
Toneladas de fruto cosechadas	67	

	Concepto	Unidad	Cantidad	Aplicación	C. uni	C. Total
	Establecimiento					
1.0	**Pre-siembra**					18,660
1.1	Renta de Terreno	ha	1.0	1.0	9,000	9,000
1.2	Chapeo	ha	1.0	1.0	1,000	1,000
1.3	Encalado Dolomítico (20%MgC+33%CaO)	T	2.0	1.0	1,200	2,400
1.4	Aplicación de cal	Jornal	8.0	1.0	120	960
1.5	Flete Personal e Insumos	Flete	1.0	1.0	400	400
1.6	Rastra	ha	1.0	3.0	800	2,400
1.7	Barbecho	ha	1.0	1.0	1,500	1,500
1.8	Subsuelo	ha	1.0	1.0	1,000	1,000
2.0	**Siembra**					37,600
2.1	Material Vegetativo	Millares	35.0	1.0	500	17,500
2.2	Corte y selección de vástagos	Jornal	35.0	1.0	120	4,200
2.3	Acarreo, Carga y Descarga	Flete	1.0	3.0	2,000	6,000
2.4	Plantación	Jornal	35.0	1.0	120	4,200
2.5	Flete Personal e Insumos	Flete	1.0	4.0	800	3,200
2.6	MICORRIZA	kg	10.0	1.0	150	1,500
2.7	Enraizador	kg	2.0	1.0	200	400
2.8	Aplicación	Jornal	5.0	1.0	120	600
3.0	**Fertilización Sólida**					12,760

3.1	Fertilización solida (MF 20-10-10)	kg	750.0	2.0	6.8	10,200
3.2	Aplicación de Fertilizante	Jornal	4.0	2.0	120	960
3.3	Flete Personal e Insumos	Flete	1.0	2.0	800	1,600
4.0	**Control de Malezas**					5,695
4.1	Bromacil	kg	1.5	1.0	1,050	1,575
4.2	Diuron	kg	6.0	1.0	200	1,200
4.3	Aplicación de Herbicida	Jornal	4.0	1.0	120	480
4.4	Limpias Manuales	Jornal	7.0	1.0	120	840
4.5	Flete de Personal e Insumos	Flete	1.0	2.0	800	1,600
5.0	**Control de plagas**					11,760
5.1	Etoprofos15G (solo para piña consumo nacional)	kg	30.0	1.0	52	1,560
5.2	Fosetil Al 80PH	kg	2.0	1.0	450	900
5.3	Diazinón 50 EW	Lt	5.0	2.0	200	2,000
5.4	Malatión 1000	Lt	3.0	2.0	150	900
5.5	Aplicación	Jornal	4.0	5.0	120	2,400
5.6	Flete de Personal e Insumos	Flete	1.0	5.0	800	4,000
6.0	**Fertilización**					12,045
6.1	Triple 16	kg	40.0	6.0	8	1,920
6.2	Urea	kg	25.0	6.0	7.5	1,125
6.3	Cloruro de Potasio	kg	25.0	6.0	8.8	1,320
6.4	Aplicación	Jornal	4.0	6.0	120	2,880
6.5	Flete de Personal e Insumos	Flete	1.0	6.0	800	4,800
7.0	**Fertilización Foliar**					2,484
7.1	Microelementos (Incluye Molibdeno)	kg	6.0	3.0	98	1,764
7.2	Aplicación	Jornal	6.0	1.0	120	720
8.0	**Diversos**					960
8.1	Agua	Tanque	8.0	12.0	10	960
					Subto-tal	**101,964**
	Mantenimiento					
9.0	**Tratamiento de inducción floral**					7,920
9.1	Inductor de Floración y Coadyuvantes	Dosis	1.0	3.0	1,000	3,000
9.2	Aplicación	Jornal	7.0	3.0	120	2,520
9.3	Flete de personal e insumos	Flete	1.0	3.0	800	2,400
10.0	**Fertilización (sólida)**					6,620
10.1	Fertilización Solida (MF 12-08-12-04)	kg	750.0	1.0	6	5,100
10.2	Aplicación	Jornal	6.0	1.0	120	720
10.3	Flete de Personal e Insumos	Flete	1.0	1.0	800	800
11.0	**Fertilización (Foliar)**					8,470

11.1	Microelementos	kg	6.0	1.0	98	588
11.2	Nitrato de Calcio	kg	50.0	2.0	8	890
11.3	Nitrato de Magnesio	kg	12.5	2.0	9.3	233
11.4	Nitrato de Potasio	kg	100.0	2.0	17	3,400
11.5	Aplicación	Jornal	4.0	2.0	120	960
11.6	Flete de Personal e Insumos	Flete	1.0	3.0	800	2,400
12.0	**Control de Malezas**					5,860
12.1	Haloxifop 12 C (solo para piña nacional)	lt	2.0	1.0	450	900
12.2	Diuron 80 PH	kg	4.0	1.0	190	760
12.3	Surfactante (ADH)	lt	2.0	1.0	100	200
12.4	Aplicación	Jornal	4.0	1.0	120	480
12.5	Limpieza Manual	Jornal	16.0	1.0	120	1,920
12.6	Flete de Personal e Insumos	Flete	1.0	2.0	800	1,600
13.0	**Control de Plagas**					9,641
13.1	Oxamyl 24L	lt	7.0	1.0	296	2,071
13.2	Carbaril 5G	kg	30.0	1.0	25	750
13.3	Malatión 1000 CE	lt	4.0	1.0	175	700
13.4	Diazinón 50EW	lt	5.0	1.0	200	1,000
13.5	Aplicación	Jornal	4.0	4.0	120	1,920
13.6	Flete de Personal e insumos	Flete	1.0	4.0	800	3,200
14.0	**Aplicaciones Foliares al Fruto**					5,210
14.1	Hormonas de Desarrollo	lt	1.0	2.0	570	1,140
14.2	Calcio Boro Molibdeno	lt	4.0	2.0	81.1	648
14.3	Potasio Soluble + Microele-mentos	lt	4.0	2.0	107.7	862
14.4	Aplicación	Jornal	4.0	2.0	120	960
14.5	Flete de Personal e Insumos	Flete	1.0	2.0	800	1,600
15.0	**Protección de Fruto****					8,420
15.1	Rafia	kg	40.0	1.0	50	2,000
15.2	Tapa	Jornal	33.5	1.0	120	4,020
15.3	Flete de Personal e Insumos	Flete	1.0	3.0	800	2,400
16.0	**Diversos**					3,840
16.1	Agua para Aplicación de Insumos	Tanque	1.0	64.0	10	640
16.2	Lámparas, pilas y equipo de protección	Paquete	1.0	1.0	3,200	3,200
					Subto-tal	**55,982**
					Total	**157,946**

**Puede realizarse con malla-sombra plástica negra 50 % sombra, ajustándose al presupuesto asignado con fines de amortización del costo total del Bien, que promedia los $80mil/ha, con 8 usos de 6 meses c/u, en un plazo de 4 años de "vida útil".

PAQUETE TECNOLÓGICO DE PIÑA CAYENA LISA
PARA PROCESO INDUSTRIAL CON ACOLCHADO PLASTICO INIFAP-PT-PCyL-PL-2018

Duración estimada del ciclo en meses (siembra-cosecha)	14-18	
Plantas sembradas	55,000	
Plantas cosechadas	51,948	94.5%
Peso promedio de fruto(kg)	1.8	
Toneladas de fruta cosechada	94	

	Concepto	Unidad	Canti-dad	Aplica-ción	C. uni	C total
	Establecimiento					
1.0	**Pre-siembra**					55,205
1.0	Renta del terreno	ha	1.0	1.0	15,000	15,000
1.1	Chapeo	ha	2.0	1.0	1,000	2,000
1.2	Encalado dolomítico (20 % MgO+33%CaO)	t	2.0	1.0	1,200	2,400
1.3	Aplicación de cal	Jornal	8.0	1.0	120	960
1.4	Rastra	ha	2.0	1.0	600	1,200
1.5	Subsuelo	ha	1.0	1.0	1,200	1,200
1.6	Barbecho	ha	1.0	1.0	1,500	1,500
1.7	Acamado	ha	1.0	1.0	1,000	1,000
1.8	Trazo/construcción drenes prima-rios, secundarios y acequias de des-fogue de escorrentías	ha	1.0	1.0	500	500
1.9	Fertilización sólida (MF 12-08-12-04) fondo	kg	750.0	1.0	7.5	5,625
1.10	Aplicación de fertilizante	Jornal	4.0	1.0	120	480
1.11	Oxamyl 24-L	lt	8.0	2.0	320	2,340
1.12	Aplicación de nematicida	Jornal	2.0	1.0	120	240
1,13	Flete de personal e insumos	Flete	1.0	1.0	800	800
1.14	Acolchado (negro cal. 150)	ha	1.0	1.0	19,000	19,000
1.15	Colocación acolchado total	Jornal	8.0		120	960
2.0	**Siembra**			1.0		52,800
2.1	Material vegetativo	Millares	55.0	1.0	500	27,500
2.2	Corte y selección de vástagos	Jornal	55.0	1.0	120	6,600
2.3	Acarreo, carga y descarga	Flete	4.0	1.0	2,000	8,000
2.4	Plantación	Millares	55.0	2.0	120	6,600
2.5	Flete de personal e insumos	Flete	1.0	2.0	800	1,600
2.6	Micorriza Rizofermic UV + Enraiza-dos+ aplicación			1.0		2,500

	Concepto	Unidad	Canti-dad	Aplica-ción	C. uni	C total
3.0	**Primer tratamiento fitosanitario**			1.0		3,720
3.1	Fosetil Al 80	kg	2.5	1.0	480	1,200
3.2	Aplicación fungicida	Jornal	6.0	1.0	120	720
3.3	Diazinon 50 EW	lt	5.0	1.0	200	1,000
3.4	Flete de personal e insumos	Flete	1.0		800	800
5.0	**Control malezas calles internas y perimentrales**			1.0		3,605
5.1	Bromacil	kg	0.50	1.0	1,050	525
5.2	Diuron	kg	2.0	1.0	200	400
5.3	Aplicación de herbicida	Jornal	1.0	2.0	120	120
5.4	Limpias manuales	Jornal	4.0	2.0	120	960
5.5	Flete de personal e insumos	Flete	1.0	2.0	800	1,600
6.0	**Control de plagas**			2.0		12,140
6.1	Diazinon 50 EW	lt	5.0	2.0	200	2,000
6.2	Malathion 1000	lt	3.0	1.0	150	900
6.3	Oxamyl 24-L	lt	7.0	5.0	320	2,240
6.4	Aplicación con aspersor alto volu-men	ha	1.0	5.0	600	3,000
6.5	Flete de personal e insumos	Flete	1.0		800	4,000
7.0	**Fertilización foliar (12 aplicaciones)**			1.0		17,540
7.1	Urea (46-0-0) kg	kg	225.0	1.0	5.2	1,170
7.2	Fosfato monoamónico (12-61-00)	kg	75.0	1.0	18	1,350
7.3	Sulfato de potasio soluble (0-0-50-0-0-17)	kg	185.0	1.0	14	2,590
7.4	Sulfato de magnesio (0-0-0- 11-0-13)	kg	225.0	1.0	4.8	1,080
7.5	Nitrato de potasio (13-5-0-4-45)kg	kg	75.0	1.0	16	1,200
7.6	Nitrato de calcio (15-0-0-0-19) kg	kg	75.0	1.0	12	900
7.7	Microelementos (L) Molibdeno	lt	18.0	1.0	25	450
7.8	Aplicación con aspersor alto volu-men	ha	1.0	12.0	600	7,200
7.9	Flete de personas e insumos	Flete	1.0	8	200	1,600
					Subto-tal	**145,010**
	Mantenimiento					
8.0	**Fertilización foliar (2 aplicaciones)**			1.0		11,014
8.1	Urea (46-0-0) kg	kg	100.0	1.0	5.1	510
8.2	Fosfato monoamónico (12-61-00)	kg	30.0	1.0	18	540
8.3	Sulfato de potasio soluble (0-0-50-0-0-17)	kg	100.0	1.0	12	1,200

	Concepto	Unidad	Canti-dad	Aplica-ción	C. uni	C total
8.4	Sulfato de magnesio (0-0-0- 11-0-13)	kg	100.0	1.0	4.7	470
8.5	Nitrato de potasio (13-5-0-4-45)kg	kg	50.0	1.0	15.8	790
8.6	Nitrato de calcio (15-0-0-0-19) kg	kg	100.0	1.0	11.8	1,180
8.7	Cloruro de potasio (0-0-60)kg	kg	50.0	1.0	8	400
8.8	Microelementos (l) molibdeno	lt	12.0	4.0	27	324
8.9	Aplicación con aspersor alto volu-men	ha	1.0	4.0	600	2,400
8.10	Flete de personas e insumos	Flete	1.0		800	3,200
9.0	**Tratamiento de Inducción Floral**			3.0		5,700
9.1	Inductor de floración y coadyuvan-tes	dosis	1.0	3.0	1,300	3,900
9.2	Aplicación con aspersor alto volu-men	ha	1.0	3.0	600	1,800
10.0	**Control de plagas**			1.0		2,445
10.1	Malation 1000	lt	3.0	1.0	175	525
10.2	Diazinon 50 AW*	lt	5.0	1.0	200	1,000
10.3	Aplicación con aspersor alto volu-men	ha	1.0	1.0	600	600
10.4	Flete de personas e insumos	Flete	1.0	1.0	320	320
11.0	**Protección de fruto****			1.0		12,440
11.1	Rafia	kg	60.0	1.0	50	3,000
11.2	Tapa	Jornal	52.0	1.0	120	6,240
11.3	Flete de personas e insumos	Flete	1.0	4.0	800	3,200
15.0	**Diversos**			1.0		4,000
15.1	Agua para aplicación de insumos	Tanque	1.0	40	100	4,000
				Subtotal		**35,599**
				Total		**180,609**

*Puede alternarse con 1.5kg de IA de Carbaril/ha; **Puede realizarse con malla-sombra plástica negra 50 % sombra, ajustándose al presupuesto asignado con fines de amortización del costo total del Bien, que promedia los $80mil/ha, con 8 usos de 6 meses c/u, en un plazo de 4 años de "vida útil".

PAQUETE TECNOLOGICO DE PIÑA MD2
EXPORTACIÓN CON ACOLCHADO PLÁSTICO INIFAP-PT-PMD2-EAP-2018

Duración Estimada del Ciclo (Siembra - Cosecha)	14 - 18	
Plantas Sembradas	55,000	
Plantas Cosechadas	52,250	95.0%
Peso Promedio de Fruto	1.8	
Toneladas de Fruta Cosechada	94	

	Concepto	Unidad	Canti-dad	Aplica-ción	C. Uni	C. Total
	Establecimiento					
1.0	**Pre-siembra**					**51,640**
1.0	Renta de Terreno	ha	1.0	1.0	9,000	9,000
1.1	Chapeo	ha	2.0	1.0	1,000	2,000
1.2	Encalado Dolomítico (20 % Mg + 33 % CaO)	t	2.0	1.0	1,200	2,400
1.3	Aplicación de Cal	Jornal	8.0	1.0	120	960
1.4	Rastra	ha	2.0	1.0	600	1,200
1.5	Subsuelo	ha	1.0	1.0	1,200	1,200
1.6	Barbecho	ha	1.0	1.0	1,500	1,500
1.7	Acamado	ha	1.0	1.0	1,000	1,000
	Trazo y construcción de drenes	ha	1.0	1.0	800	800
1.8	Fertilización Solida (MF 12-08-12-04)	kg	1,000.0	1.0	7.5	7,500
1.9	Aplicación de fertilizantes	Jornal	4.0	1.0	120	480
1.10	Oxamyl 24-L	lt	8.0	1.0	320	2,600
1.11	Aplicación de Nematicidas	Jornal	2.0	1.0	120	240
1.12	Flete de Personal e Insumos	Flete	1.0	1.0	800	800
1.13	Acolchado (negro cal.150)	ha	1.0	1.0	19,000	19,000
1.14	Colocación Acolchado Total	Jornal	8.0	1.0	120	960
2.0	**Siembra**					**94,400**
2.1	Material Vegetativo	Millares	55.0	1.0	1	55,000
2.2	Corte y Selección de Vástagos	Jornal	55.0	1.0	120	6,600
2.3	Acarreo, Carga y Descarga	Flete	1.0	5.0	3,600	18,000
2.4	Plantación	Millares	55.0	1.0	180	9,900
2.5	Flete de Personal e Insumos	Flete	1.0	3.0	800	2,400
2.6	Micorriza rizofermic UV + enraizador + aplicación			1.0		2,500
3.0	**Primer Tratamiento Fitosanitario**					**3,840**
3.1	Fosetil Al 80PH	kg	2.5	1.0	480	1,200
3.2	Diazinón 50 EW	lt	5.0	1.0	200	1,000
3.3	Aplicación manual	Jornal	7.0	1.0	120	840

3.4	Flete de Personal e Insumos	Flete	1.0	1.0	800	800
4.0	**Control de Malezas en Calles Perimetrales**					**3,605**
4.1	Bromacil	kg	0.50	1.0	1,050	525
4.2	Diuron	kg	2.0	1.0	200	400
4.3	Aplicación de Herbicida	Jornal	1.0	1.0	120	120
4.4	Limpia Manual	Jornal	4.0	2.0	120	960
4.5	Flete de Personal e Insumos	Flete	1.0	2.0	800	1,600
5.0	**Control de Plagas**					**16,020**
5.1	Diazinón 50 EW	lt	5.0	2.0	200	2,000
5.2	Malatión 1000	lt	3.0	2.0	190	1,140
5.3	Oxamyl 24-L	lt	7.0	2.0	320	4,480
5.4	Aplicación con Aspersor Alto Volumen	ha	1.0	6.0	600	3,600
5.5	Flete de Personal e Insumos	Flete	1.0	6.0	800	4,800
6.0	**Fertilización (Foliar)**					**25,840**
6.1	20-4.3-18-3.1-1.6-2.7	kg	40.0	8.0	17	5,440
6.2	12.1-01-24.1-2.8-0.4-3.9	kg	60.0	8.0	17.5	8,400
6.3	Aplicación con Aspersor Alto Volumen	ha	1.0	16.0	600	9,600
6.4	Flete de Personal e Insumos	Flete	1.0	3.0	800	2,400
					Subtotal	**195,345**
	Mantenimiento					
7.0	**Tratamiento de Inducción Floral**					**3,796**
7.1	Etileno	kg	2.0	2.0	274	1,096
7.2	Carbón Activado	kg	20.0	2.0	37.5	1,500
7.3	Aplicación con Aspersor Alto Volumen	ha	1.0	2.0	600	1,200
8.0	**Fertilización Sólida (2 Aplicaciones)**					**8,214**
8.1	Urea (46-0-0) Kg.	kg	100.0	1.0	5.1	510
8.2	Fosfato Monoamónico (12-61-00)	kg	30.0	1.0	18	540
8.3	Sulfato de Potasio soluble (0-0-50-0-0-17)	kg	100.0	1.0	12	1,200
8.4	Sulfato de Magnesio (0-0-0-11-0-13)	kg	100.0	1.0	4.7	470
8.5	Nitrato de Potasio (13-5-0-45)	kg	50.0	1.0	15.8	790
8.6	Nitrato de Calcio (15-0-0-0-19)	kg	100.0	1.0	11.8	1,180
8.7	Cloruro de Potasio (0-0-60)	kg	50.0	1.0	8	400
8.8	Microelementos (L) MOLIBDENO	lt	12.0	1.0	27	324
8.9	Aplicación manual	Jornal	5.0	2.0	120	1,200
8.10	Flete de Personal e Insumos	Flete	1.0	2.0	800	1,600

10.0	**Control de Plagas**					**7,440**
10.1	Malatión 1000	lt	3.0	2.0	175	1,050
10.2	Diazinón 50 EW*	lt	5.0	2.0	135	1,350
10.3	Aplicación con Aspersor Alto Volumen	ha	1.0	4.0	600	2,400
10.4	Flete de Personal e Insumos	Flete	1.0	4.0	660	2,640
14.0	**Protección de Fruto****					**12,910**
14.1	Rafia	kg	67.0	1.0	50	3,350
14.2	Tapa	Jornal	53.0	1.0	120	6,360
14.3	Flete de Personal e Insumos	Flete	1.0	4.0	800	3,200
15.0	**Diversos**					**4,000**
15.1	Agua para aplicación de insumos	Tanque	1.0	40	100	4,000
					Subtotal	**36,360**
					Total	**231,705**

*Puede alternarse con 1.5kg de IA de Carbaril/ha; **Puede realizarse con malla-sombra plástica negra 50 % sombra, ajustándose al presupuesto asignado con fines de amortización del costo total del Bien, que promedia los $80mil/ha, con 8 usos de 6 meses c/u, en un plazo de 4 años de "vida útil".

PAQUETE TECNOLÓGICO DE PIÑA MD2

EXPORTACIÓN CONVENCIONAL INIFAP-PT-PMD2-EC-2018

Duración Estimada del Ciclo en meses (siembra Cosecha)	14 - 18	
Plantas Sembradas	50,000	
Plantas Cosechadas	47,500	95%
Peso Promedio de Fruto	1.8	
Toneladas de Fruta Cosechada	86	

	Concepto	Unidad	Cantidad	Aplicación	C. Uni	C. Total ha.
	Establecimiento					
1.0	**Pre-siembra**					**22,060**
1.1	Renta de Terreno	ha	1.0	1.0	9,000	9,000
1.2	Chapeo	ha	2.0	1.0	1,000	2,000
1.3	Encalado Dolomítico	t	2.0	1.0	1,200	2,400
1.4	Aplicación de Cal	Jornal	8.0	1.0	120	960
1.5	Rastra	ha	3.0	1.0	800	2,400
1.6	Barbecho	ha	1.0	1.0	1,500	1,500
1.7	Subsuelo	ha	1.0	1.0	1,200	1,200
1.8	Acamado	ha	1.0	1.0	1,000	1,000
	Trazo y construcción de drenes	ha	1.0	1.0	800	800.0

1.9	Flete de Personal e Insumos	Flete	1.0	1.0	800	800
2.0	**Siembra**					**77,140**
2.1	Material Vegetativo	Millares	50.0	1.0	1,000	50,000
2.2	Corte y Selección de Vástagos	Jornal	30.0	1.0	120	3,600
2.3	Acarreo, Carga y Descarga	Flete	1.0	4.0	3,600	14,400
2.4	Plantación	Millares	42.0	1.0	120	5,040
2.5	Flete de Personal e Insumos	Flete	1.0	2.0	800	1,600
	Micorriza Rizofermic UV + enraizador + aplicación			1.0		2,500.0
3.0	**Primer Tratamiento Fitosanitario**					**3,720**
3.1	Fosetil Al 80	kg	2.5	1.0	480	1,200
3.2	Diazinón 50 EW	lt	5.0	1.0	200	1,000
3.3	Aplicación manual	Jornal	6.0	1.0	120	720
3.4	Flete de Personal e Insumos	Flete	1.0	1.0	800	800
4.0	**Fertilización (Sólida)**					**13,320**
4.1	00-46-00	kg	600.0	1.0	5	3,000
4.2	20--10--10	kg	800.0	1.0	5	4,000
4.3	20--10--20	kg	800.0	1.0	6	4,800
4.4	Aplicación manual	Jornal	6.0	1.0	120	720
4.5	Flete de Personal e Insumos	Flete	1.0	1.0	800	800
5.0	**Control de Malezas**					**4,648**
5.1	Bromacil	kg	1.5	1.0	1,000	1,500
5.2	Diuron	kg	4.0	1.0	200	800
5.3	Adherente	lt	4.0	1.0	57	228
5.4	Aplicación manual	Jornal	4.0	1.0	120	480
5.5	Limpia Manual	Jornal	7.0	1.0	120	840
5.6	Flete de Personal e Insumos	Flete	1.0	1.0	800	800
6.0	**Control de Plagas**					**18,864**
6.1	Oxamyl 24-L	lt	7.0	1.0	320	2,184
6.2	Fosetil Al 80 PH	kg	2.0	1.0	450	900
6.3	Diazinón 50 EW	lt	5.0	2.0	200	2,000
6.4	Malatión 1000	lt	3.0	2.0	150	900
6.5	Oxamyl 24-L	lt	7.0	2.0	320	4,480
6.6	Aplicación con Aspersor Alto Volumen	ha	1.0	6.00	600	3,600
6.7	Flete de Personal e Insumos	Flete	1.0	6.00	800	4,800
7.0	**Fertilización (Foliar)**					**25,840**
7.1	20-4.3-18-3.1-1.6-2.7	kg	40.0	8.0	17	5,440
7.2	12.1-01-24.1-2.8-0.4-3.9	kg	60.0	8.0	17.5	8,400
7.3	Aplicación con Aspersor de Alto Volumen	Ha	1.0	16.0	600	9,600
7.4	Flete de Personal e Insumos	Flete	1.0	3.0	800	2,400
					Subtotal	**165,592**

	Mantenimiento					
10.0	**Tratamiento de Inducción Floral**					**3,796**
10.1	Etileno	kg	2.0	2.0	274	1,096
10.2	Carbón Activado	kg	20.0	2.0	37.5	1,500
10.3	Aplicación con Aspersor Alto Volumen	ha	1.0	2.0	600	1,200
11.0	**Fertilización (Sólida)**					**15,600**
11.1	Sulfato de Amonio	kg	350.0	2.0	5	3,500
11.2	18-46-00	kg	150.0	2.0	8.5	2,550
11.3	Sulfato de Potasio	kg	275.0	2.0	10	5,500
11.4	Sulfato de Magnesio	kg	50.0	2.0	4.4	440
11.5	Nitrato de Calcio	kg	50.0	2.0	8.1	810
11.6	Aplicación manual	Jornal	5.0	2.0	120	1,200
11.7	Flete de Personal e Insumos	Flete	1.0	2.0	800	1,600
12.0	**Control de Malezas**					**4,508**
12.1	Bromacil	kg	1.0	1.0	1,000	1,000
12.2	Diuron	kg	4.0	1.0	200	800
12.3	Adherente	lt	4.0	1.0	57	228
12.4	Aplicación manual	Jornal	4.0	1.0	120	480
12.5	Limpia Manual	Jornal	10.0	1.0	120	1,200
12.6	Flete de Personal e Insumos	Flete	1.0	1.0	800	800
13.0	**Control de Plagas**					**14,320**
13.1	Malatión 1000	lt	3.0	2.0	175	1,050
13.2	Carbaril 5G	kg	27.0	2.0	25	1,350
13.3	Diazinón 50 EW	lt	5.0	2.0	200	2,000
13.4	Fosetil Al	kg	2.0	1.0	480	960
13.5	Aplicación con Aspersor Alto Volumen	ha	1.0	6.0	600	3,600
13.6	Flete de Personal e Insumos	Flete	1.0	7.0	800	5,360
14.0	**Protección de Fruto****					**10,060**
14.1	Rafia	kg	54.0	1.0	50	2,700
14.2	Tapa	Jornal	48.0	1.0	120	5,760
14.3	Flete de Personal e Insumos	Flete	1.0	4.0	400	1,600
15.0	**Diversos**					**4,000**
15.1	Agua para aplicación de insumos	Tanque	1.0	40	100	4,000
					Subtotal	**52,284**
					Total	**217,876**

**Puede realizarse con malla-sombra plástica negra 50 % sombra, ajustándose al presupuesto asignado con fines de amortización del costo total del Bien, que promedia los $80mil/ha, con 8 usos de 6 meses c/u, en un plazo de 4 años de "vida útil".

Anexo 4. Ingredientes activos autorizados para el cultivo de piña[11]

Cuadro A4.1.

Insecticidas, ingredientes activos autorizados para el cultivo de piña en México (COFEPRIS) y EUA (EPA)

Ingrediente activo	Grupo toxicológico	Registro de uso		LMR (ppm)	Intervalo de seguridad*	Dosis kg de IA /ha	Uso en piña bajo ambiente protegido
		México	EUA				
Carbaril	Carbamatos	X	X	2 F	60	1.5	Medio / Alto
Clorpirifos etil	Organofosforados	X		0.05 F	30	2.5	Bajo /Medio
Clorantraniliprol	Diamidas Antranílicas		X	1.5 F; 3.0 RP	nd	0.04	Nulo Bajo
Diazinón	Organofosforados	X	X	0.5 F	30	1	Medio / Alto
Disulfoton	Organofosforados	X		S/LMR aplicado al suelo	nd	3	Nulo Bajo
Hydramethylnon	Amidinohidrazona / Trifuoro-metil		X	0.05 F	nd	0.005	Nulo Bajo
Imidacloprid+Betacyflutrin	Nicotinoide + Piretroide	X		nd	30	0.06	Bajo
Malatión	Organofosforados	X	X	8 F	7	1	Medio / Alto
Metoxifenocida	Benzoilhidracinas	X		nd	25	0.1	Nulo / Bajo
Paration metilico	Organofosforados	X		0.01 F	15	1.0-1.5	Bajo
Pyriproxyfen	Piridinas		X	0.3 F; 1.1 RP	nd	0.06	Nulo / Bajo
Spinetoram	Espinosines		X	0.04 F; 0.15 RP	nd	0.03	Nulo / Bajo
Spinosad	Espinosines	X	X	0.02 F; 0.08 RP	nd	0.05	Bajo / Medio
Spirotetramat	Cetoenoles		X	nd	nd	0.15-0.25	Nulo / Bajo

Tolerancias según usos: F (Fruto); Fo (Forraje o Heno); RP (Residuos Procesados); FFPC (Fumigación Fruto Poscosecha); FPC (Fruto Poscosecha); SR (Sin restricción, aplicados sólo al inicio del ciclo de cultivo, o después de cosecha del fruto). *Días antes de cosecha de fruta. S/L= Sin límite, aplicados solo al inicio del ciclo de cultivo, o después de cosecha del fruto. nd= no disponible.

Fuente: Elaboración propia con información de COFEPRIS y EPA.

[11] Nota: es de mencionarse que los LMR en algunos casos variaron entre países, sin embargo, se consideró el valor de EUA.

Cuadro A4.2.

Nematicidas, ingredientes activos autorizados para el cultivo de piña en México (COFEPRIS) y EUA (EPA)

Ingrediente activo	Grupo toxicológico	Registro de uso		LMR (ppm)	Intervalo de seguridad*	Dosis kg de IA /ha	Uso en piña bajo ambiente protegido
		México	EUA				
Etoprofos (sin registro EUA 07/23/2009)	Organofosforados	X		0.02	120	4.0-5.0	Medio / Alto
Fenamifos (sin registro EUA 05/31/2007)	Organofosforados	X		0.3	nd	4.0-7.0	Nulo Bajo
Oxamilo	Carbamatos	X	X	1.0 F; 2.0 RP	30	1.0-1.5	Medio / Alto

Tolerancias según usos: F (Fruto); Fo (Forraje o Heno); RP (Residuos Procesados); FFPC (Fumigación Fruto Poscosecha); FPC (Fruto Poscosecha); SR (Sin restricción, aplicados solo al inicio del ciclo de cultivo, o después de cosecha del fruto). *Días antes de cosecha de fruta. S/L, aplicados solo al inicio del ciclo de cultivo, o después de cosecha del fruto. nd= no disponible.

Fuente: Elaboración propia con información de COFEPRIS y EPA.

Cuadro A4.3.

Fungicidas, ingredientes activos autorizados para el cultivo de piña en México (COFEPRIS) y EUA (EPA)

Ingrediente activo	Grupo toxicológico	Registro de uso		LMR (ppm)	Intervalo de seguridad*	Dosis kg de IA /ha	Uso en piña bajo ambiente protegido
		México	EUA				
Benomilo	Benzimidazoles	X		35	S/L	nd	Nulo /Bajo
Fosetil-al	Alcocyl Fosfonatos	X	X	0.1 F, Fo	90	2	Medio / Alto
Metalaxil	Fenilamida	X	X	0.1 F, Fo	nd	nd	Medio / Alto
Fludioxonil (Sec. 18, expiró 12/31/13)	Fenil pirroles		X	13 F	nd	nd	Nulo
O-Fenilfenol y su sal sódica	Bifenoles		X	10 F	nd	nd	Nulo
Propiconazol	Triazoles	X	X	4.5 F; 7 RP	nd	nd	Nulo Bajo
Triadimefon	Triazoles	X	X	2 F	50	0.125	Nulo /Bajo
Triflumizole	Imidazoles	X	X	4 F	S/L	0.25	Nulo Bajo

Tolerancias según usos: F (Fruto); Fo (Forraje o Heno); RP (Residuos Procesados); FFPC (Fumigación Fruto Poscosecha); FPC (Fruto Poscosecha); SR (Sin restricción, aplicados solo al inicio del ciclo de cultivo, o después de cosecha del fruto). *Días antes de cosecha de fruta. S/L= Sin límite, aplicados solo al inicio del ciclo de cultivo, o después de cosecha del fruto. nd= no disponible.

Fuente: Elaboración propia con información de COFEPRIS y EPA.

Cuadro A4.4.

Herbicidas, ingredientes activos autorizados para el cultivo de piña en México (COFEPRIS) y EUA (EPA)

Ingrediente activo	Grupo toxicológico	Registro de uso		LMR (ppm)	Intervalo de seguridad*	Dosis kg de IA /ha	Uso en piña bajo ambiente protegido
		México	EUA				
Ametrina	Triazinas	X	X	0.25	S/L	2.5-3.0	Bajo/Medio
Atrazina	Triazinas	X		nd	nd	2.5-3.0	Bajo/Medio
Bromacil	Uracilos	X	X	0.1 F	S/L	0.8-1.6	Nulo/Bajo
Diuron	Ureas	X	X	0.1 F; 0.4 RP	S/L	3.5	Nulo/Bajo
Dicloruro de Paraquat	Bipiridilios	X		nd	nd	1	Nulo/Bajo
Glifosato	Alifáticos		X	0.1 F	nd	1.5	Nulo/Bajo
Haloxifop-R-metil ester	Aril-Oxifenoxipropionatos	X		nd	40	0.25	Bajo/Medio
Hexazinona	Triazinas		X	0.6 F	nd	nd	Nulo
Metribuzin	Triazinas	X		nd	120	nd	nulo
Paraquat	Bipiridilios	X	X	0.05 F; 0.25 RP	S/L	1	Nulo/Bajo
Quizalofop etil (registro regional en EUA)	Quinoxalinas		X	0.1	nd	nd	Nulo

Tolerancias según usos: F (Fruto); Fo (Forraje o Heno); RP (Residuos Procesados); FFPC (Fumigación Fruto Poscosecha); FPC (Fruto Poscosecha); SR (Sin restricción, aplicados solo al inicio del ciclo de cultivo, o después de cosecha del fruto). *Días antes de cosecha de fruta. S/L= Sin límite, aplicados solo al inicio del ciclo de cultivo, o después de cosecha del fruto. nd= no disponible.

Fuente: Elaboración propia con información de COFEPRIS y EPA.

Cuadro A4.5.

Hormonas, ingredientes activos autorizados para el cultivo de piña en México (COFEPRIS) y EUA (EPA)

Ingrediente activo	Registro de uso		Uso en piña bajo ambiente protegido
	México	EUA	
Etefon	X	X	Medio/Alto
Etileno-gas	X	X	Alto
Carburo de Calcio	X	X	Medio
CPA (Acido 2-3 clorofenoxi propionico)			Bajo

Cuadro A4.6.

Fumigantes especiales, ingredientes activos autorizados para el cultivo de piña en México (COFEPRIS) y EUA (EPA)

Ingrediente activo	Registro de uso		Uso en piña bajo ambiente protegido
	México	EUA	
Bromuro de metilo (20 FFPC)		X	Nulo
Piperonyl butoxide (8 FPC)		X	Nulo
Pyrethrinas (1.0 FPC)		X	Nulo

*Sinergista para: Piretrinas, Aletrinas, Tetrametrina, Rotenona, Resmetrina, Piretroides sintéticos y Carbamatos.

Siglas y acrónimos usados

Abreviatura	Significado
AGI-DP	Agencia de Gestión de la Innovación para el Desarrollo de Proveedores
AMEP	Asociación Mexicana de Exportadores de Piña, AC
APT	Acolchado plástico total
BANCOMEXT	Banco Nacional de Comercio Exterior SNC.
COFEPRIS	Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios
COVERPIÑA	Consejo Veracruzano de Productores de Piña, AC
CSPPM	Comité Sistema–Producto Piña de México, AC
EGI	Estrategia de Gestión de la Innovación
ELB	Encuesta de Línea Base
ELF	Encuesta de Línea Final
EPA	US Environmental Protection Agency
ER	Empresa Rural
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FAOSTAT	División de Estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GIP-INIFAP	Grupo de Investigación en Piña-INIFAP
i.a.	Ingrediente activo
InAI	Índice de Adopción de Innovaciones
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias
MSP	Malla sombra plástica
NMX	Normas mexicanas
PRI	Pineapple Research Institute
PTH	Proyecto Transversal Trópico Húmedo
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SE	Secretaría de Economía
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
SNIIM	Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados
TAI	Tasa de Adopción de Innovaciones
TCMA	Tasa de crecimiento media anual
TIF	Tratamiento de Inducción Floral
TRADEMAP	Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas

Índice de cuadros y figuras

Cuadro 1. Composición nutrimental de la piña por cada 100 gramos 27
Cuadro 2. Principales países productores de piña, 2013 36
Cuadro 3. Exportaciones de piña fresca y procesada en el mundo 38
Cuadro 4. Principales países proveedores de piña por EUA (2016) 44
Cuadro 5. Destino de las exportaciones de piña fresca mexicana (2013) 68
Cuadro 6. Origen de piña en conserva importada por México (2013) 69
Cuadro 7. Exportaciones e importaciones de piña fresca y procesada en México 71
Cuadro 8. Catálogo de innovaciones en plantaciones de piña por categoría 75
Cuadro 9. Perfil de los productores de piña en el estado de Veracruz 76
Cuadro 10. Perfil de las unidades de producción de piña en el estado de Veracruz 77
Cuadro 11. Comparación del InAI en productores de piña 78
Cuadro 12. Cambio en la adopción de innovaciones (InAI) por categoría, resultado de la intervención bajo el modelo AGI-DP en plantaciones de piña 79
Cuadro 13. Cultivares de piña originados en programas de mejoramiento 87
Cuadro 14. Valores promedio de pH, materia orgánica y contenido de macro-nutrimentos encontrados en plantaciones comerciales de piña y sitios no perturbados ubicados en el sur del estado de Veracruz 122
Cuadro 15. Dosis por hectárea de cal dolomítica a aplicar en presiembra de piña, según pH de la muestra de suelo antes de iniciar el ciclo de plantilla 135
Cuadro 16. Mes de plantación para cada tipo de material de piña, de acuerdo con su peso en Cayena Lisa y MD2 181
Cuadro 17. Rendimiento potencial de piña, en toneladas de fruto fresco/ha, y porcentaje obtenido por tipo de mercado, según densidad de población, en la cuenca baja del Papaloapan, con adecuado manejo convencional y ambiente protegido 183
Cuadro 18. Arreglos topológicos adecuados para piña establecida a hilera doble, según dimensiones de las camas de siembra y densidad de plantación en la región del Bajo Papaloapan, INIFAP 185
Cuadro 19. Dosis de N, P, K y Mg por planta/ciclo de plantilla, según densidad de plantación utilizada en piña Cayena Lisa y MD2* en la región Bajo Papaloapan 212
Cuadro 20. Cantidades en kilogramos, necesarias para elaborar una tonelada de las mezclas físicas de fertilizantes más utilizadas en el cultivo de piña, con base en las fuentes básicas disponibles en la región del Bajo Papaloapan, INIFAP (2011) 224

Cuadro 21. Valores de nutrimentos que debe contener el tercio medio de la parte clorofílica de la hoja “D” para considerar a una planta como bien nutrida, antes del TIF (varios autores) 232
Cuadro 22. Ejemplo del comportamiento de tres plantaciones de piña 234
Cuadro 23. Clasificación regional/nacional del grado de maduración externa del fruto de piña para el mercado fresco nacional sin aplicación de productos hormonales para la desverdización del fruto, según color de la cáscara y su equivalencia con la Clasificación Internacional 326
Cuadro 24. Clasificación internacional del fruto de piña de exportación de acuerdo al grado de madurez externa (% de color amarillo de la cáscara) y grado de translucidez de la pulpa (% de madurez interna), variables que se comportan de manera independiente, según época del año y manejo del cultivo 327
Cuadro 25. Características de los calibres, y peso de la fruta de piña MD2 destinada para exportación en fresco, y preferencias del mercado de EUA 362
Cuadro A3.1. Estados y municipios en México, con potencial de producción de piña, incorporados al Comité Nacional Sistema Producto Piña AC. 2016 456
Cuadro A4.1. Insecticidas, ingredientes activos autorizados para el cultivo de piña en México (COFEPRIS) y EUA (EPA) 475
Cuadro A4.2. Nematicidas, ingredientes activos autorizados para el cultivode piña en México (COFEPRIS) y EUA (EPA) 476
Cuadro A4.3. Fungicidas, ingredientes activos autorizados para el cultivo de piña en México (COFEPRIS) y EUA (EPA) 476
Cuadro A4.4. Herbicidas, ingredientes activos autorizados para el cultivo de piña en México (COFEPRIS) y EUA (EPA) 477
Cuadro A4.5. Hormonas, ingredientes activos autorizados para el cultivo de piña en México (COFEPRIS) y EUA (EPA) 478
Cuadro A4.6. Fumigantes especiales, ingredientes activos autorizados para el cultivo de piña en México (COFEPRIS) y EUA (EPA) 478

Figura 1. Representaciones históricas del fruto de piña 20
Figura 2. Productos obtenidos de piña 26
Figura 3. Trayectoria tecnológica de la piña MD2 en el mundo 33
Figura 4. Producción mundial de frutales tropicales (2013) 34
Figura 5. Países productores de piña 35
Figura 6. Evolución de la producción y la superficie sembrada mundial de piña 36
Figura 7. Exportaciones de piña fresca a nivel mundial (2013) 38
Figura 8. Exportaciones de piña en conserva a nivel mundial (2013) 39
Figura 9. Exportaciones de jugo de piña a nivel mundial (2013) 40
Figura 10. Exportaciones de jugo concentrado de piña a nivel mundial (2013) 41
Figura 11. Importaciones de piña fresca a nivel mundial (2013) 42
Figura 12. Importaciones de jugo de piña a nivel mundial (2013) 42
Figura 13. Importaciones de jugo concentrado de piña a nivel mundial (2013) 43
Figura 14. Importaciones de piña en conserva a nivel mundial (2013) 43
Figura 15. Participación estatal en la producción de piña (2013) 55
Figura 16. Red de abasto y comercialización de piña 63
Figura 17. Índice de estacionalidad de precios de piña mediana de primera calidad 66
Figura 18. Exportaciones mensuales de piña mexicana en fresco 67
Figura 19. Índice de adopción de innovaciones en el estado de Veracruz en plantaciones de piña 78
Figura 20. InAI por categoría en los productores de piña, comparación entre ELB y ELF 80
Figura 21. Tasa de adopción de innovaciones (TAI %) en el estado de Veracruz, en plantaciones de piña 81
Figura 22. Principales innovaciones con mayor incremento porcentual de adopción en las plantaciones de piña en el estado de Veracruz, comparación ELB y ELF 82
Figura 23. Desarrollo del acolchado plástico y la malla-sombra en piña, región Bajo Papaloapan 84
Figura 24. Planta de piña y sus partes 91
Figura 25. Metabolismo del Ácido Crasuláceo 94
Figura 26. Tejido acuífero de las hojas de la piña y sus diferentes estados de acumulación de agua (Derecha) y su ubicación en un corte trasversal de Hojas D en plantas en diferentes condiciones ambientales (Izquierda) 96
Figura 27. Información climatológica histórica de la estación 00030143 Juan Rodríguez Clara, Veracruz 103

Figura 28. Número, distribución y arreglo de las bandas(rollos) para el acolchado plástico total de una hectárea efectiva de piña, en melgas de 30x334 m (1 ha efectiva de siembra) 164
Figura 29. Curvas de absorción de N, P y K en plantas de piña Champaka, MD2 y Cayena Lisa a una densidad de 45 mil plantas/ha bajo las condiciones de la cuenca baja del Papaloapan 268
Figura 30. Clasificación por grado de color externo en cáscara para frutos de exportación 329
Figura 31. Proceso de producción de fruta de piña MD2 de exportación en fresco y su empaque en la región Bajo Papaloapan 360
Figura 32. Efecto del sistema de protección contra el sol sobre la deformación en piñas MD2, donde el Índice de Forma del Fruto se incrementa con malla-sombra plástica, por ser más eficiente, aunque en este caso sólo logró 0.94 porque se le protegió únicamente durante su última etapa de desarrollo 363
Figura 33. Distribución mensual de las exportaciones de fruta de piña MD2 en fresco, como promedio de los años 2011-2017 373
Figura A1.1 Procedimiento para el establecimiento del Consejo de Productores de Piña (COVERPIÑA) 418

Colección Trópico Húmedo

La piña mexicana frente al reto de la innovación:
avances y retos en la gestión de la innovación

Esta publicación estuvo a cargo de la Oficina Editorial del CIESTAAM
de la Universidad Autónoma Chapingo.

Se imprimieron 300 ejemplares
en el mes de agosto de 2018.
en los talleres de Imprenta Grafitodo,
Antonio Vilchis núm. 19, Colonia Granjas Valle de Guadalupe,
Ecatepec de Morelos, Estado de México, CP. 55270